



**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:** Gebäude A Kreisverwaltung  
Mommsen Straße 13  
23843 Bad Oldesloe

Greven, 07.12.2019

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	13
2.4 Wärmebrücken .....	15
2.5 Dachbegrünung .....	16
2.6 Anlagentechnik .....	18
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	29
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	29
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	31
2.7.3 Emissionen .....	32
2.8 Gebäudebetrachtung .....	33
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	33
2.8.2 Energiekosten .....	34
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	34
3 Sanierungsvarianten .....	35
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	35
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	36
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	36
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	37
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	38
4.4 SV1 Erneuerung der Garagentore .....	39
4.5 SV2: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung .....	41
4.6 SV3: Geschossdeckendämmung am Verbindungsgebäude A-B .....	43
4.7 SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3 .....	45
4.8 SV5: Photovoltaikanlage .....	47

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht des Gebäudes A der Kreisverwaltung wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 der Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde anhand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Verwaltung
Baujahr	1951
Baujahr des Wärmeerzeugers	2010
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	12.045,3
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	4.555,5
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	6.272,4
Anzahl der Geschosse	5
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreises Stormarn  Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton mit Verbundestrich
Kellerdecke	Stahlbeton mit schwimmenden Estrich
Geschossdecken	Stahlbeton mit schwimmenden Estrich
oberste Geschossdecke	Stahlbeton mit schwimmenden Estrich
Außenwand	zweischalig
Dach	Gebäude A: Kalzip-Dach; Verbindungsgebäude A-B: Flachdach; Verbindungsgebäude A-C: Schrägdach
Fenster	Kunststoffrahmen mit Dreifachverglasung

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Lageplan mit den grün markierten und zu bewertenden Gebäuden



Bild 2: Ostseite des Gebäudes A mit nachträglicher Aufstockung



Bild 3: Ostseite vom Gebäude A



Bild 4: Flur im 1. OG des Gebäudes A



Bild 5: Neue Fensteranlage in einem Großraumbüro



Bild 6: Großraumbüro im aufgestockten Dachgeschoss



Bild 7: Heizungsverteilung für das Gebäude A im Untergeschoss



Bild 8: Nordgiebel des Gebäudes A mit Aufzugsschacht



Bild 9: Westfassade



Bild 10: Südgiebel



Bild 11: Südfassade des Verbindungsganges vom Gebäude A zu Gebäude B



Bild 12: Nordseite vom Verbindungsgebäude A-B



Bild 13: Verkleidete Decke des Verbindungsganges A-B



Bild 14: Beschädigte Deckenverkleidung am Verbindungsgang A-B



Bild 15: Nordseite des Verbindungstraktes A-C mit den hölzernen Garagentoren



Bild 16: Südseite vom Verbindungsgebäude A-C

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Die untersuchten Gebäudebereiche weisen die in den nachfolgenden Tabellen ausgewiesene Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme, sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten), wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude A

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Bodenplatte Keller	422,89	422,89	1,00	0,30	--
Bodenplatte EG	547,96	547,96	1,00	0,30	--
AW gegen Erdreich	143,51	143,51	1,30	0,30	--
AW N mit Klinker gegen Außen, Giebelseite EG bis 2.OG	163,17	151,33	1,28	0,24	(1,00)
Fenster (1,05*1,41) Nord		11,84	0,90	1,30	--
AW N gegen Außen, Giebelseite Fahrstuhl	43,80	43,80	0,24	0,24	(1,00)
AW N DG gegen Außen, Giebelseite	40,90	35,34	0,14	0,24	(1,00)
Fenster (1,97*1,41) Nord DG		5,56	0,90	1,30	--
AW O mit Klinker gegen Außen, EG bis 2. OG	611,68	432,19	1,28	0,24	(1,00)
Fenster (1,05*1,41 EG Ost		54,78	0,90	1,30	--
Fenstertür (1,86*2,38) EG Ost		4,43	0,90	1,30	--
Fenster (1,05*1,61 1.OG Ost		62,55	0,90	1,30	--
Fenster (1,05*1,41 2.OG Ost		57,74	0,90	1,30	--
AW O gegen Außen, Fahrstuhl	48,05	48,05	0,24	0,24	(1,00)
AW O DG gegen Außen	213,00	158,23	0,14	0,24	(1,00)
Fenster (1,05*1,41 DG Ost		54,78	0,90	1,30	--
AW S mit Klinker gegen Außen, Giebelseite EG bis 2.OG	163,11	145,18	1,28	0,24	(1,00)
Fenster (1,05*1,41 EG bis 2.OG Süd		8,88	0,90	1,30	--
Fenster (2,14*1,41 EG bis 2.OG Süd		9,05	0,90	1,30	--

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
AW S gegen Außen, Giebelseite DG	40,88	40,88	0,14	0,24	(1,00)
AW W mit Klinker gegen Außen, KG bis 2.OG	727,32	517,03	1,28	0,24	(1,00)
Fenster (1,05*1,41 KG West		19,25	0,90	1,30	--
Fenster (1,05*1,41 EG West		51,82	0,90	1,30	--
Fenstertür (1,61*2,65) EG West		4,93	0,90	1,30	--
Fenster (1,60*2,20 EG Ost		8,48	0,90	1,30	--
Fenster (1,05*1,61 1.OG Ost		60,86	0,90	1,30	--
Fenster (1,60*1,43 1.OG Ost		4,58	0,90	1,30	--
Fenster (1,05*1,41 2.OG Ost		53,30	0,90	1,30	--
Fenster (1,60*1,54 2.OG Ost		4,93	0,90	1,30	--
Tür 1 Kellertür West		2,16	2,5	1,80	--
AW W gegen Außen, Fahrstuhl	48,05	48,05	0,24	0,24	(1,00)
AW W DG gegen Außen	213,00	155,54	0,14	0,24	(1,00)
Fenster (1,05*1,41 DG Ost		51,82	0,90	1,30	--
Fenster (1,80*1,57 DG Ost		5,65	0,90	1,30	--
Kalzipdach Nord	42,87	42,87	0,14	0,24	(1,00)
Kalzipdach Ost	448,02	448,02	0,14	0,24	(1,00)
Kalzipdach Süd	42,87	42,87	0,14	0,24	(1,00)
Kalzipdach West	448,02	448,02	0,14	0,24	(1,00)
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>4.409,11</b>			

### Verbindungsgang A-B

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Decke an Außenluft Verbindungsgang A-B	177,56	177,56	0,48	0,24	(1,00)
AW N Verbindungsgang A-B	105,05	90,42	1,30	0,24	(1,00)
Fenster (2,01*1,82) Dreischeiben-Isolierverglasung		14,63	0,90	1,30	--
AW O Verbindungsgang A-B	21,01	21,01	1,30	0,24	(1,00)
AW S Verbindungsgang A-B	100,05	81,75	1,30	0,24	(1,00)
Fenster (2,01*1,82) Dreischeiben-Isolierverglasung		18,29	0,90	1,30	--
AW W Verbindungsgang A-B	21,01	21,01	1,30	0,24	(1,00)
Flachdach Verbindungsgang A-B	177,56	177,56	0,50	0,20	(1,00)
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>602,24</b>			

## Verbindungsgebäude A-C

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Bodenplatte Verbindungsgang A-C	310,62	310,62	1,00	0,30	--
AW N mit Klinker Verbindungsgebäude A-C KG bis 1.OG	308,94	209,17	1,28	0,24	(1,00)
Holzgaragentür		51,70	4,0	--	--
Eingangstür Alu		4,69	2,0	1,80	--
Fenster (1,04*1,49) Dreischeiben-Isolierverglasung Verbindungsgeb. A-C		43,39	0,90	1,30	--
AW S gegen Erdreich Verbindungsgebäude A-C KG	107,17	107,17	1,00	0,30	--
AW S mit Klinker Verbindungsgebäude A-C EG bis 1.OG	231,61	145,88	1,28	0,24	(1,00)
Treppenaufgang		2,05	2,0	1,80	--
Fenster (1,04*1,49) Dreischeiben-Isolierverglasung Verbindungsgeb. A-C		83,68	0,90	1,30	--
oberste Geschossdecke	302,68	302,68	0,50	0,24	0,80
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>1.261,02</b>			

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

### Vorteile:

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*
- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

### Nachteile:

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

Am jetzigen Gebäude A wurde das Dachgeschoss aufgestockt und durch ein Metaldach ersetzt. Eine Änderung auf ein Gründach macht aus wirtschaftlicher Sicht keinen Sinn.

Am Verbindungsgebäude A-B besteht die Möglichkeit, auf Grund des vorhandenen Flachdaches, die Möglichkeit eines Gründaches. Um die Vorteile eines begrünten Flachdaches zu nutzen, muss das vorhandene Flachdach gründlichst hinsichtlich der Bausubstanz wie auch statisch untersucht werden.

Am Verbindungsgebäude A-C ist die Möglichkeit eines Gründaches auf Grund der Dachform nicht gegeben. Die Umwandlung des vorhandenen Daches in ein begrüntes Flachdach ist nur mit einem hohen finanziellen und baulichen Aufwand umzusetzen.

## 2.6 Anlagentechnik

### Beheizung

Die drei Gebäudeabschnitte werden durch eine Fernwärmeleitung mit Heizenergie versorgt.

#### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

Wärmeerzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

1. Nah-/Fernwärme 1

Erzeuger	Nah-/Fernwärme
Baujahr	2010
Art des Erzeugers	Wasser - niedrige Temperatur
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude A
Energieträger	Nah/Fernwärme aus Heizwerken - fossiler Brennstoff
benutzerdefinierter Primärenergiefaktor [-]	0,20

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	90,0/70,0
------------------------------	-----------

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht weitestgehend dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung der wärmeerzeugenden Anlage zurzeit nicht sinnvoll.

Teilweise wird eine spezifische Verbrauchserfassung vorgenommen. Dieses sollte weiter ausgebaut werden, um die Verbraucherströme noch genauer zu erfassen.

Ein hydraulischer Abgleich ist durchgeführt worden.

## Warmwasserbereitung

### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

Erzeugereinheit 1

Geometrie	wird vom Gebäude übernommen
-----------	-----------------------------

1. Elektrowärmeerzeuger 1

Erzeuger	elektrisch beheizter Wärmeerzeuger
Baujahr	2000
Art des Erzeugers	zentral - Speicherung mit integrierter Erzeugung bzw. Durchlauferhitzer
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude A und Verbindungsgebäude A-C
Energieträger	Strom-Mix

***Die Warmwasserbereitung des Gebäudes A und des Verbindungsgebäudes A-C der Kreisverwaltung erfolgt über dezentral angeordnete elektrische Speicher bzw. Durchlauferhitzer.***

***Eine Warmwasserbereitung erfolgt hauptsächlich zu Reinigungszwecken. Der Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung ist gegenüber dem gesamten Energieverbrauch relativ gering.***

## 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 ausschließlich über die vorhandenen Fenster und Türen.***

## Beleuchtung

In den betrachteten Gebäuden befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58W sowie überwiegend mit elektronischen Vorschaltgeräten [EVG].

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

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

### Gebäude A

#### Beleuchtungsbereich 1: Z1 Gebäude A

Fläche [m <sup>2</sup> ]	1.136,23 (31,0 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	213,03
Fläche ohne Tageslicht $A_{kTL}$ [m <sup>2</sup> ]	923,20

#### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

#### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

#### Beleuchtungsbereich 2: Z2 Gebäude A

Fläche [m <sup>2</sup> ]	2.003,32 (54,6 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	1.037,18
Fläche ohne Tageslicht $A_{kTL}$ [m <sup>2</sup> ]	966,14

#### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
----------------	--------------------------------------

Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 3: Z3 Gebäude A

Fläche [m <sup>2</sup> ]	109,21 (3,0 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	109,21
Fläche ohne Tageslicht A <sub>KTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 4: Z4 Gebäude A

Fläche [m <sup>2</sup> ]	137,97 (3,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	23,78
Fläche ohne Tageslicht A <sub>KTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	114,19
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung F <sub>t</sub> [-]	1,0 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
------------------	---------

Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 5: Z5 Gebäude A**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	177,45 (4,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	11,89
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	165,56

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 6: Z6 Gebäude A**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	54,23 (1,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	31,71
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	22,52

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 7: Z7 Gebäude A**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	49,58 (1,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00

Fläche ohne Tageslicht $A_{kTL}$ [m <sup>2</sup> ]	49,58
--	-------

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Verbindungsgebäude A-B**

**Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verbindungsgebäude A-B**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	55,22 (36,9 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	36,58
Fläche ohne Tageslicht $A_{kTL}$ [m <sup>2</sup> ]	18,64

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 2: Z2 Verbindungsgebäude A-B**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	38,92 (26,0 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	10,25
Fläche ohne Tageslicht $A_{kTL}$ [m <sup>2</sup> ]	28,67

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 3: Z3 Verbindungsgebäude A-B

Fläche [m <sup>2</sup> ]	55,52 (37,1 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	15,38
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	40,14

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Verbindungsgebäude A-C

#### Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verbindungsgebäude A-C

Fläche [m <sup>2</sup> ]	343,33 (46,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	174,80
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	168,53

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 2: Z2 Verbindungsgebäude A-C**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	348,42 (47,2 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	232,88
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	115,54

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 3: Z4 Verbindungsgebäude A-C**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	11,34 (1,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	4,39
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	6,95

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 4: Z5 Verbindungsgebäude A-C**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	13,23 (1,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	13,23

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 5: Z7 Verbindungsgebäude A-C**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	21,57 (2,9 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	4,39
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	17,18

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

## Einstufung von Solar und Photovoltaik

### **Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung**

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach- und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

### **Erläuterung, warum die solare Nutzung sinnvoll/nicht sinnvoll ist.**

Eine Nutzung von Solarenergie ist nur für die Heizungsunterstützung möglich. Der finanzielle Aufwand wäre aber erheblich, sodass es sich zurzeit wirtschaftlich nicht rechnen würde.

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2019 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche

Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreibung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2019, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

Der Einsatz einer Photovoltaikanlage würde bei den drei Gebäudeabschnitten zu einer erheblichen Reduzierung des Bezugsstromes für die Beleuchtung und sonstiger Verbraucher führen. Jedoch ist die Ausrichtung, vorrangig Gebäude A, für die Installation einer Photovoltaikanlage ungünstig. Nur das Verbindungsgebäude A-C besitzt eine Dachfläche mit Südausrichtung. Diese vorhandene Dachfläche sollte auf jeden Fall für die Erzeugung von Solarstrom genutzt werden.

## 2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen

### 2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre von 2015 bis 2017 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

**Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch**

<b>Jahr</b>	<b>Heizung (Fernwärme)</b> [kWh/a]	<b>Klima- faktor<sup>3</sup></b> [-]	<b>klimabereinigter Verbrauch (Fernwärme)</b> [kWh/a]	<b>Strom</b> [kWh/a]	<b>Gesamt- energie- verbrauch</b> [kWh/a]	<b>Wasser</b> [m <sup>3</sup> /a]
2015	101.175	1,03	104.210	177.264	281.474	738
2016	178.471	1,03	183.825	104.364	288.189	855
2017	121.986	1,05	128.085	136.569	264.654	816
Mittelwert:	133.877		138.707	139.399	278.106	803

---

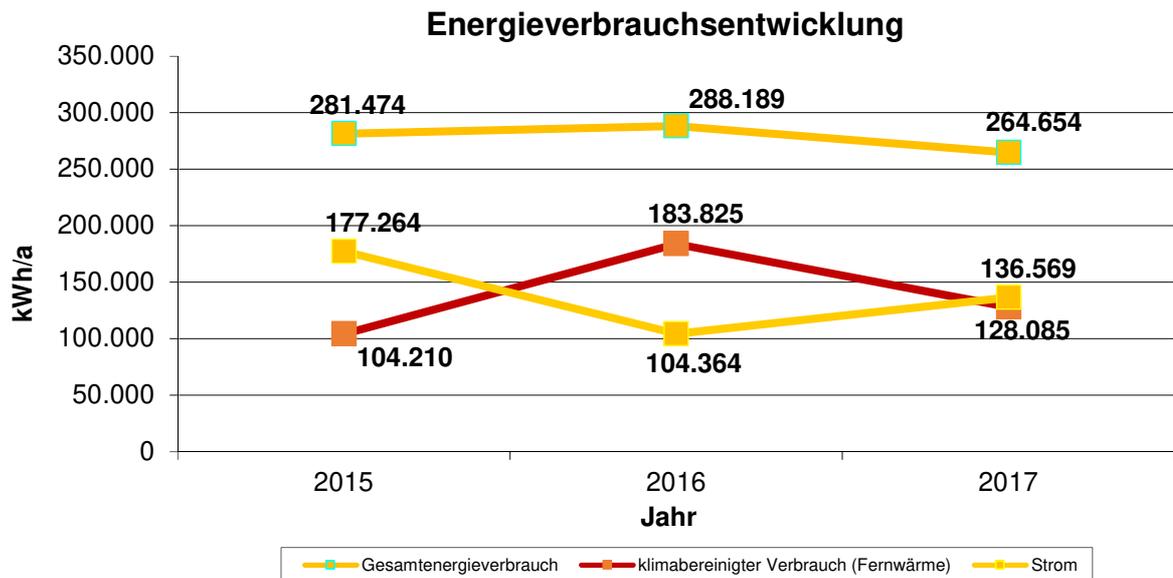
<sup>3</sup> Der Einfluss der Witterung und des Klimas auf den Energieverbrauch wird mittels eines so genannten Klimafaktors erfasst, der sowohl die Temperaturverhältnisse während eines Berechnungszeitraumes als auch die klimatischen Verhältnisse in Deutschland berücksichtigt.

Durch die Anwendung des Klimafaktors können die Energieverbrauchskennwerte verschiedener Berechnungszeiträume und von Gebäuden in verschiedenen klimatischen Regionen Deutschlands (zumindest überschlägig) verglichen werden.

Der Klimafaktor bezieht sich normalerweise in einer EnEV-konformen Berechnung auf den neuen Referenzort Potsdam (statt Würzburg). In dieser Berechnung wurde der Klimafaktor, entsprechend der Angabe des Landkreis Stormarn, benutzt.

Die Witterungsberichtigung erfolgt durch das Multiplizieren des gemessenen Jahres-Heizenergieverbrauchs mit dem entsprechenden Klimafaktor. Als Faustregel gilt, dass ein Jahr umso wärmer ist, je größer der Klimafaktor ist.

## Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



### 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>4</sup>

Verwaltungsgebäude	Energieverbrauchskennwerte in [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	9	31	26
Wärme	47	30	81
Wasser	64	176	167

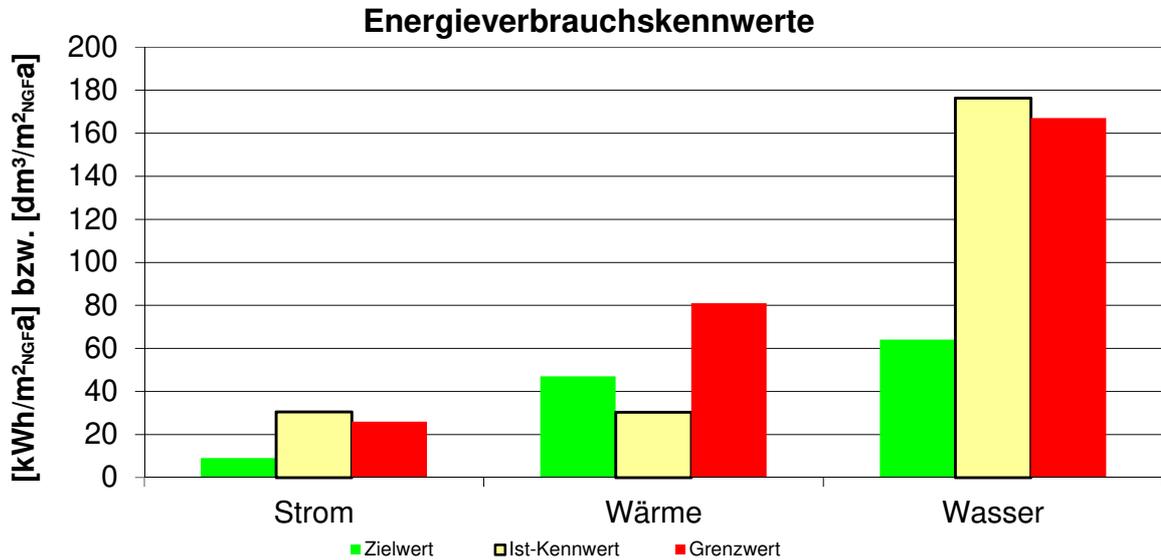
Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude der Bad Oldesloe

<sup>4</sup> 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)

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



### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2017 errechnet.

Energieträger	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor [g/kWh]	Energieverbrauch [kWh/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/a]
Erdgas	245	0	0
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	337.242	29.677
Strom	497	30.839	15.327
Summe:		368.081	45.004

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>74,03</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,19</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,00</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>6,77</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser)</b>	<b>74</b>

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

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.

→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe des Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Gebäude A; A-B; A-C Fernwärme	kWh	0,084	3,00	241,0
Gebäude A; A-B; A-C Fernwärme	kWh	0,211	4,00	516,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1 Erneuerung der Garagentore

SV2: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung

SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3

SV5: Photovoltaikanlage

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus bis zu 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

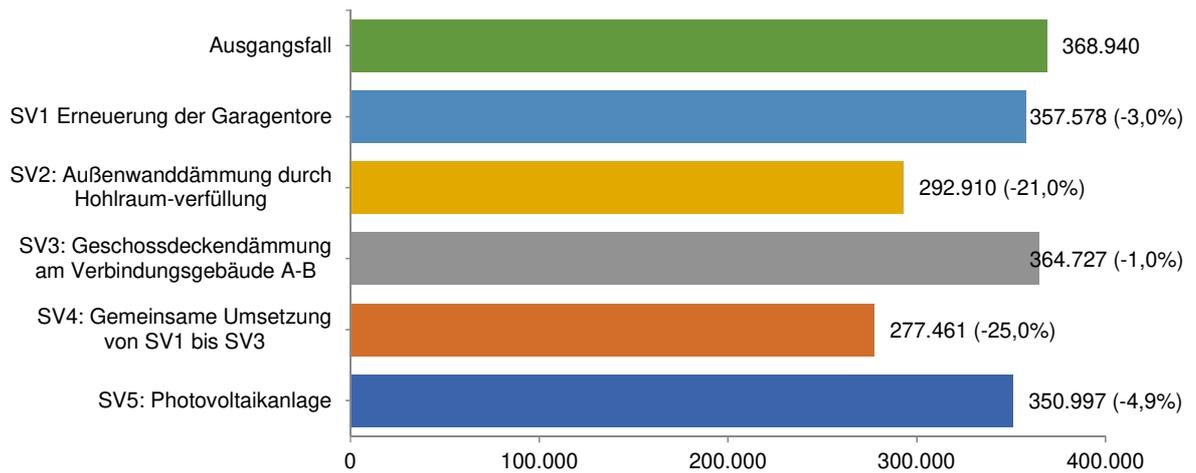
Parameter	Ausgangsfall	SV1 Erneuerung der Garagen- tore	SV2: Außenwand dämmung durch Hohlraum- verfüllung	SV3: Geschoss- decken- dämmung am Verbindungs- gebäude A- B	SV4: Gemein- same Umsetzung von SV1 bis SV3	SV5: Photo- voltaik- anlage
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	34.100	45.342	10.742	90.185	39.123
Nutzungsdauer [a]	-	40	45	45	45	20
dynamische Amortisation [a]	-	26	7	23	11	11
Kosten/ Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,08	0,01	0,06	0,02	0,109
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>5)</sup>	35.078	34.122	28.681	34.723	27.380	31.292
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	956	6.397	355	7.697	3.786
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	3	18	1	22	10,8
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	368.940	357.578	292.910	364.727	277.461	350.997
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	11.361	76.030	4.213	91.478	17.943
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	3	21	1	25	4,9
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	125.276	122.980	109.941	124.423	106.815	92.979
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	2.296	15.335	854	18.461	32.298
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	2	12	1	15	25,8
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	99.952	97.209	81.601	98.935	77.870	89.474
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	2.743	18.351	1.018	22.082	10.479
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	2,7	18,4	1,0	22,1	10,5

<sup>5)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

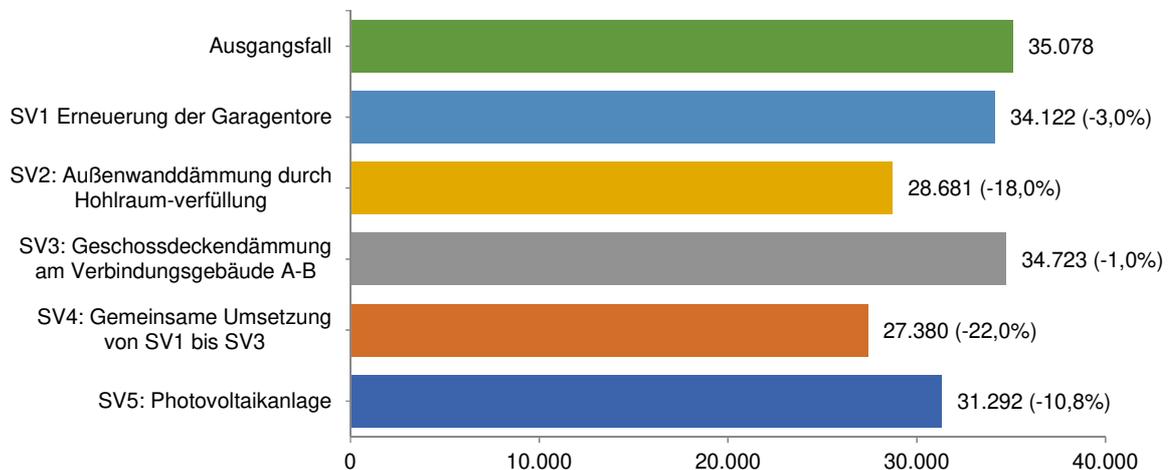
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



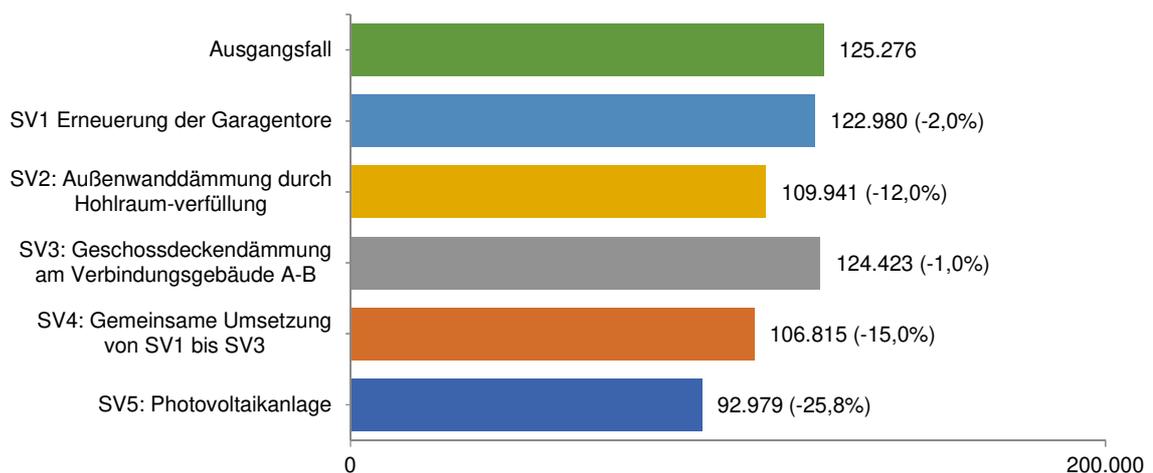
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

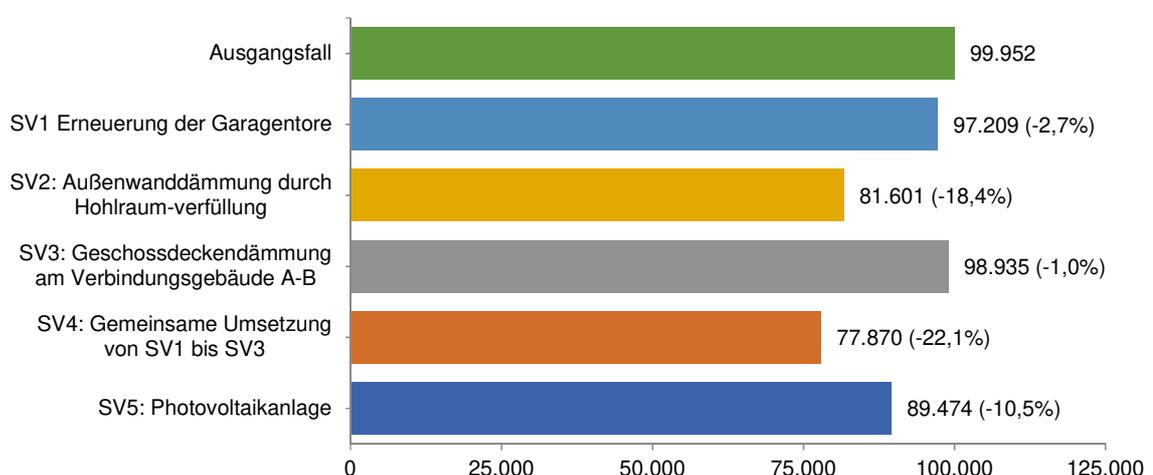
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1 Erneuerung der Garagentore

### Erneuerung der Garagentore Verbindungsgebäude A-C:

Die alten Holz-Garagentore im Kellergeschoss auf der Nordseite des Verbindungsgebäudes A-C werden durch moderne Sektionaltore ersetzt. Der U-Wert der neuen Tore wird mit 1,3 W/m<sup>2</sup> K angenommen.

Sanierungsvariante		SV1 Erneuerung der Garagentore	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	34.100	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	51,7	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	659,57	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	35.078	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	34.122	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	956	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	3	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	368.940	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	81,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	357.578	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	78,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	11.361	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	3	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	99.952	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	97.209	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	2.743	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	2,7	%	
Nutzungsdauer	40	a	
dynamische Amortisation	26	a	

Sanierungsvariante		SV1 Erneuerung der Garagentore	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,08	€/kWh

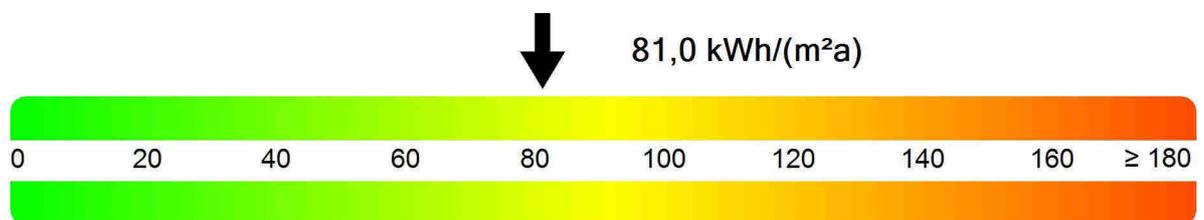
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreises Stormarn

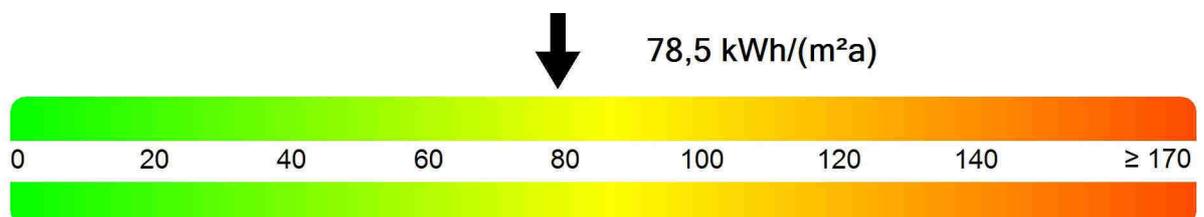
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung

### Nachträgliche Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung:

Als Alternative zur Innenwanddämmung besteht die Möglichkeit, bei einer ausreichend starken Luftschicht zwischen Hintermauerung und Klinker, einer Hohlraumdämmung. Hierfür sollte eine Mauerwerksuntersuchung mittels Endoskop vorgenommen werden. Für die Simulation wird eine Luftschicht von 4 cm zugrunde gelegt. Durch das Verfüllen dieser Luftschicht könnte der U-Wert erheblich verbessert werden. Für die Berechnung wird daher ein U-Wert von 0,625 W/m<sup>2</sup>K angesetzt.

Sanierungsvariante		SV2: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	45.342	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	1.649	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	28	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	35.078	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	28.681	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	6.397	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	18	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	368.940	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	81	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	292.910	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	64	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	76.030	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	21	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	99.952	kg/a	

Sanierungsvariante		SV2: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	81.601	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	18.351	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	18,4	%	
Nutzungsdauer	45	a	
dynamische Amortisation	7	a	
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>	0,01	€/kWh	

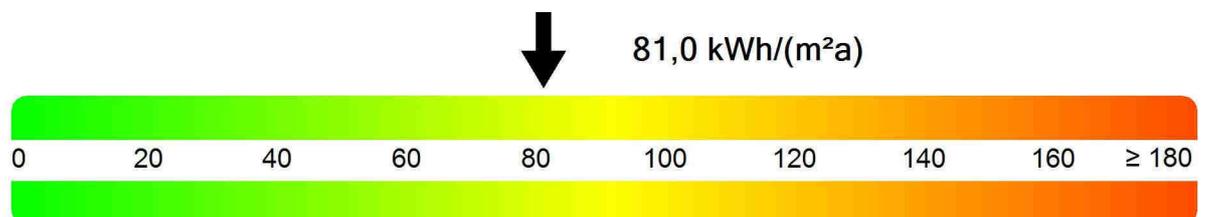
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreises Stormarn

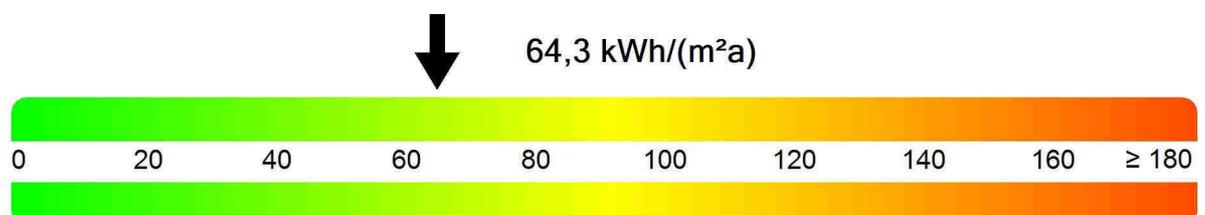
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.6 SV3: Geschossdeckendämmung am Verbindungsgebäude A-B

### Dämmen der Geschossdecke am Verbindungsgebäude A-B:

Die Deckenfläche, die am Verbindungsgebäude A-B an die Außenluft angrenzt, wird aufgrund des Zustandes (defekte Verkleidung) von der Kaltseite entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Der zulässige U-Wert beträgt 0,24 W/m<sup>2</sup>K. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Simulation wird daher ein um ca. 20 % niedrigerer U-Wert angesetzt, als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt 0,197 W/m<sup>2</sup>K.

Sanierungsvariante		SV3: Geschossdeckendämmung am Verbindungsgebäude A-B	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	10.742	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	177,6	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	60,50	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	35.078	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	34.723	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	355	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	1	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	368.940	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	81,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	364.727	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	80,1	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	4.213	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	1	%	

Sanierungsvariante		SV3: Geschossdeckendämmung am Verbindungsgebäude A-B	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	99.952	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	98.935	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	1.018	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	1,0	%	
Nutzungsdauer	45	a	
dynamische Amortisation	23	a	
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>	0,06	€/kWh	

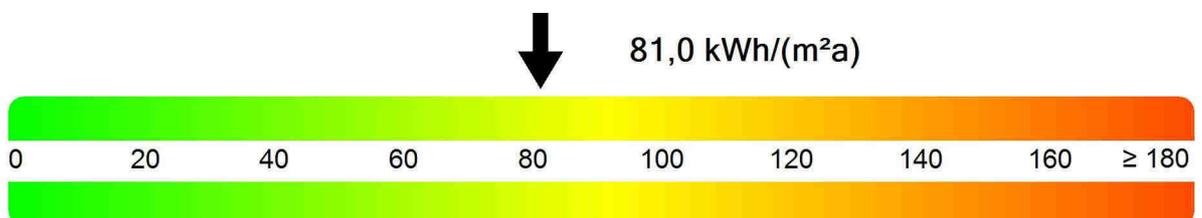
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreises Stormarn

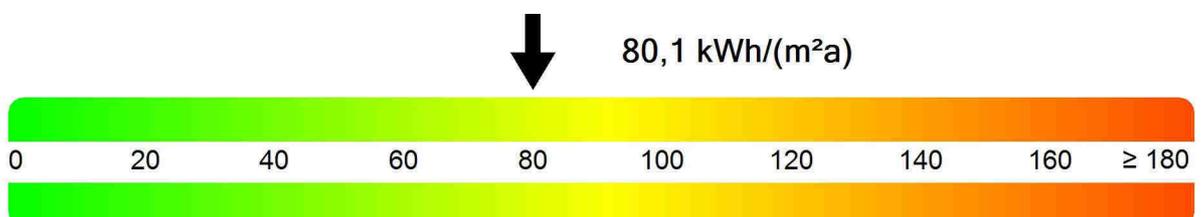
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.7 SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1 Erneuerung der Garagentore
  - SV2: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung
  - SV3: Geschosdeckendämmung am Verbindungsgebäude A-B
- zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	90.185	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	1.648,8	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	27,50	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	35.078	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	27.380	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	7.697	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	22	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	368.940	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	81,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	277.461	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	60,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	91.478	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	25	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	99.952	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	77.870	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	22.082	kg/a	

Sanierungsvariante		SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		22,1	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		11	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,02	€/kWh

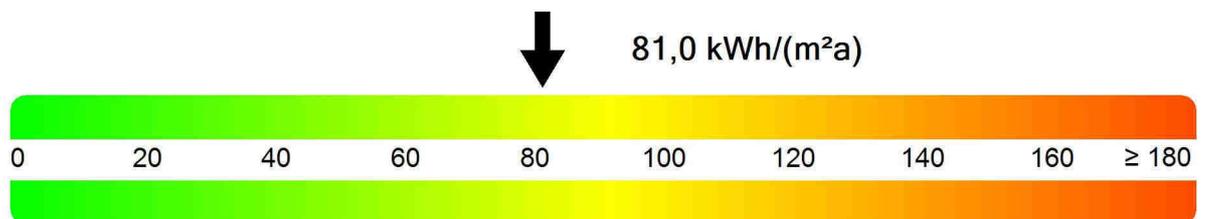
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreises Stormarn

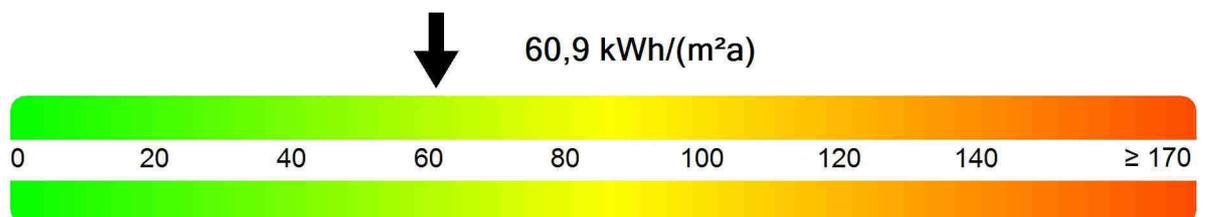
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.8 SV5: Photovoltaikanlage

### Photovoltaikanlage:

Der Stromverbrauch für das Gebäude A liegt bei ca. 136.000 kWh pro Jahr. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden.

Für die Stadt Bad Oldesloe liegt leider kein Solarpotenzialkataster vor. Das Dach des Gebäudes A weist eine Nord-Ost-Ausrichtung auf, Diese Ausrichtung ist für den Betrieb einer Photovoltaikanlage ungünstig. Jedoch weist das Verbindungsgebäude A-C eine Dachfläche nach Süden auf. Hier könnte eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von ca. 24 kWp installiert werden. Unter der Voraussetzung, dass das Dach des Verbindungsgebäudes A-C zusätzliche Dachlasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich), wäre die Fläche geeignet.

Sanierungsvariante		SV5: Photovoltaikanlage	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Investition		39.123	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>		35.078	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante		31.292	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr		3.786	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr		10,8%	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>		368.940	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation		81,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		350.997	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		77,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung		17.943	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		4,9	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>		99.952	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		89.474	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		10.479	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		10,5	%

Sanierungsvariante		SV5: Photovoltaikanlage	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Nutzungsdauer		20	a
dynamische Amortisation		11	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,109	€/kWh

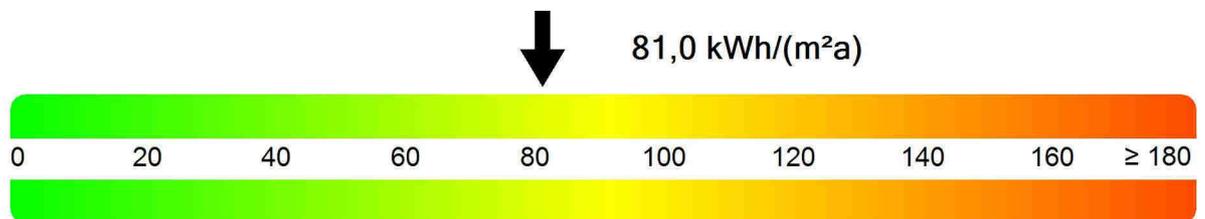
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreises Stormarn

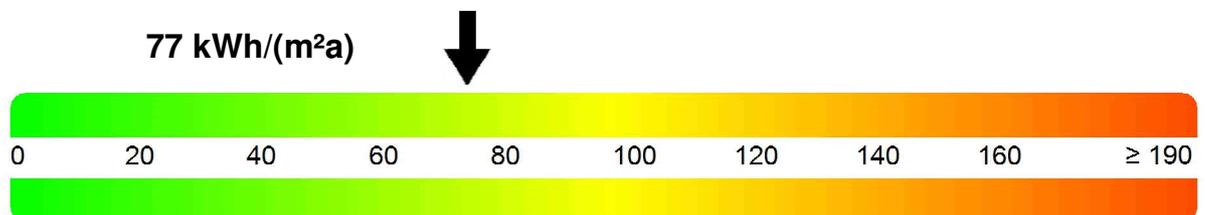
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung im Rahmen des  
Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:** Kreisverwaltung Gebäude B  
Mommsen Straße 14  
23843 Bad Oldesloe

Greven, 11.12.2019

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	12
2.4 Wärmebrücken .....	14
2.5 Dachbegrünung .....	14
2.6 Anlagentechnik .....	16
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	23
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	23
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	25
2.7.3 Emissionen .....	26
2.8 Gebäudebetrachtung .....	27
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	27
2.8.2 Energiekosten .....	28
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	28
3 Sanierungsvarianten .....	29
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	29
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	30
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	30
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	31
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	32
4.4 SV1: Dämmen der Heizkörpernischen .....	33
4.5 SV2: Hohlraumverfüllung der Klinkerflächen .....	35
4.6 SV3: Dämmen der Betonfassade .....	37
4.7 SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3 .....	40

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht des Gebäude B der Kreisverwaltung Stormarn wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 der Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde an Hand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie an Hand 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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Verwaltung
Baujahr	1964
Baujahr des Wärmeanschlusses	2010
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	6.473,9
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	2.392,5
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	2.682,8
Anzahl der Geschosse	7
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreises Stormarn Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton
Kellerdecke	Stahlbeton
Geschossdecken	Stahlbeton
oberste Geschossdecke	Stahlbeton gedämmt
Außenwand	Nord- und Südfassade sowie Teilbereiche der Ost- und Westfassade besitzen ein WDVS bzw. eine Vorhangfassade aus Faserzementplatten.  Die restlichen Flächen der Ost- und Westfassade besitzen im Untergeschoss eine Vormauerung sowie ab dem Erdgeschoss eine Betonvorhangfassade
Dach	Flachdach
Fenster	Kunststofffenster mit Isoverglasung

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 2: Westseite mit Haupteingang



Bild 3: Nordgiebel



Bild 4 Ostseite



Bild 5: Südgiebel mit Photovoltaikanlage in Giebelwand



Bild 6: Fernwärmeanschluss mit Verbrauchszähler



Bild 7: Fernwärmeanschluss mit Heizungssteuerung

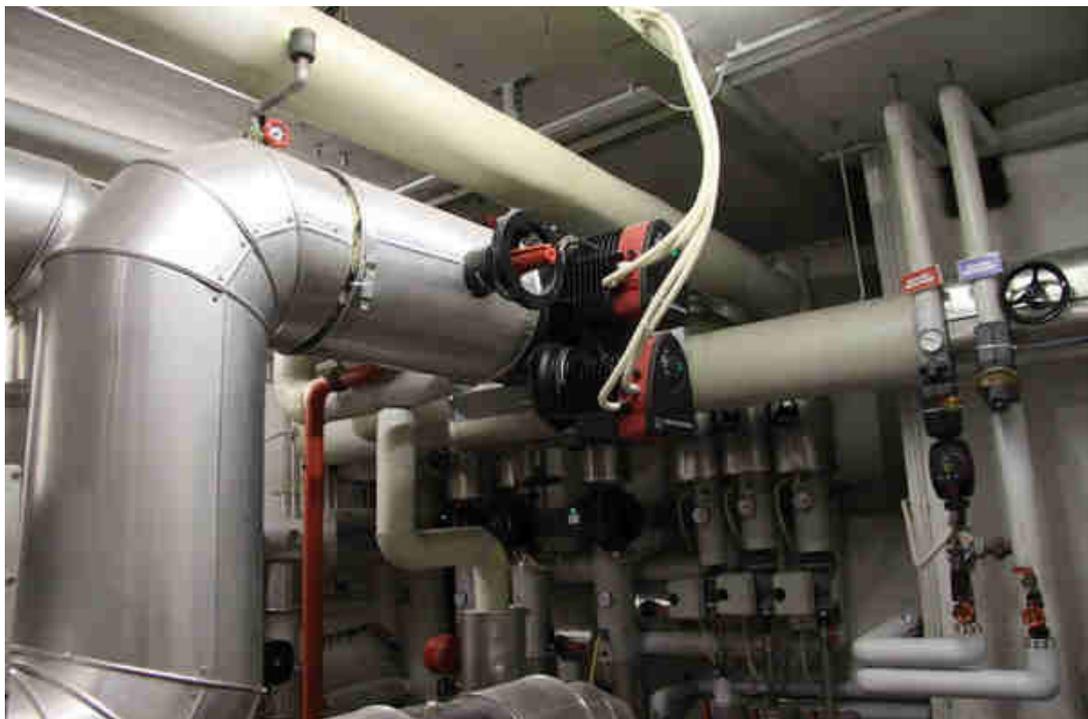


Bild 8: Hautanschlussleitung mit Effizienzpumpe



Bild 9: gedämmte Heizungsverteilung mit Effizienzpumpen und Stellantrieben



Bild 10: Fensteranlage in einem Büro



Bild 11: Heizköpernische mit Gussrippenheizkörper



Bild 12: Abmessung der Heizkörpernische



Bild 13: gedämmte oberste Geschossdecke

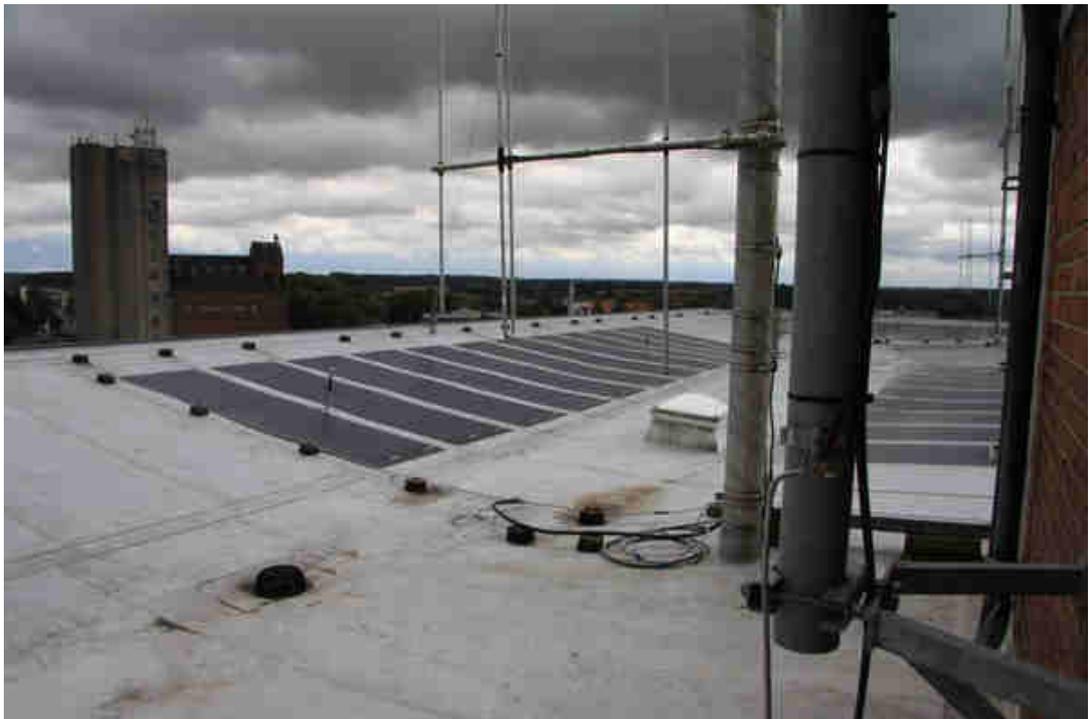


Bild 14: Flachdachfläche mit aufgeklebter Photovoltaik

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude B

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Außenwand O WDVS	146,12	128,65	0,40	0,24	(1,00)
Fenster 1,58*1,58 (Z4)		14,98	1,8	1,30	--
Fenster 1,58*1,58 (Z5)		2,50	1,8	1,30	--
Außenwand O VHF	24,30	13,65	0,40	0,24	(1,00)
Eingangstür (Z1)		5,30	1,8	1,80	--
Fenster 1,01*2,65 (Z1)		5,35	1,8	1,30	--
Außenwand O Beton-Vorhangfassade	401,23	77,83	1,40	0,24	(1,00)
Fenster 3,5*1,68 (Z2)		194,04	1,8	1,30	--
Fenster 3,5*1,68 (Z3)		11,76	1,8	1,30	--
Heizkörpernische Z2 + Z3		117,60	2,00	0,24	(1,00)
Außenwand O Klinker	55,99	30,79	1,40	0,24	(1,00)
Fenster 1,26*1,51 (Z7)		7,61	1,8	1,30	--
Fenster 1,26*1,51 (Z2)		7,61	1,8	1,30	--
Heizkörpernische Z2 + Z7		9,98	2,00	0,24	(1,00)
Außenwand W WDVS	146,12	127,83	0,40	0,24	(1,00)
Fenster 2,01*1,82 (Z1)		18,29	1,8	1,30	--
Außenwand W VHF	24,30	24,30	0,40	0,24	(1,00)
Außenwand W Beton-Vorhangfassade	414,78	101,46	1,40	0,24	(1,00)
Fenster 3,50*1,68 (Z2)		158,76	1,8	1,30	--
Fenster 3,50*1,68 (Z3)		17,64	1,8	1,30	--
Fenster 3,50*1,68 (Z4)		5,88	1,8	1,30	--
Fenster 3,50*1,68 (Z6)		11,76	1,8	1,30	--
Fenster 3,50*1,68 (Z7)		11,76	1,8	1,30	--

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Heizkörpernischen Z2, Z3, Z7		107,52	2,00	0,24	(1,00)
Außenwand W Klinker	55,99	39,29	1,40	0,24	(1,00)
Fenster 1,26*1,01 (Z2)		5,09	1,8	1,30	--
Fenster 1,26*1,01 (Z7)		2,55	1,8	1,30	--
Metalltür (Z7)		2,26	4,0	1,80	--
Heizkörpernischen Z2 + Z7		6,80	2,00	0,24	(1,00)
Außenwand N WDVS	239,57	206,51	0,40	0,24	(1,00)
Fenster 2,01*1,80 (Z1)		21,71	1,8	1,30	--
Fenster 0,76*0,83 (Z5)		11,35	1,8	1,30	--
Außenwand N VHF	39,84	36,22	0,40	0,24	(1,00)
Fenster 2,01*1,80 (Z1)		3,62	1,8	1,30	--
Außenwand S WDVS	239,57	215,55	0,40	0,24	(1,00)
Fenster 2,01*1,80 (Z1)		18,09	1,8	1,30	--
Fenster 2,01*1,80 (Z3)		3,62	1,8	1,30	--
Heizkörpernischen Z3		2,31	0,60	0,24	(1,00)
Außenwand S VHF	77,42	55,03	0,40	0,24	(1,00)
Fenster 2,01*1,80 (Z1)		3,62	1,8	1,30	--
Fenster 2,97*1,51 (Z2)		8,97	1,8	1,30	--
Fenstertür (Z2)		4,46	1,8	1,30	--
Heizkörpernischen Z2		5,35	0,60	0,24	(1,00)
Kellerwand gegen Erdreich	83,72	82,45	1,00	0,30	--
Kellerfenster 1,26*1,01 (Z1)		1,27	1,8	1,30	--
Kellerboden	366,93	366,93	1,00	0,30	--
oberste Geschossdecke	366,93	366,93	0,30	0,24	0,80
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>2.682,82</b>			

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

Am vorhandenen Gebäude sind vorrangig die ungedämmten Stahlbetonstützen der Skelettbaukonstruktion als gravierende Wärmebrücken anzusehen.

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

### **Vorteile:**

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*

- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

**Nachteile:**

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

Das bewertete Gebäude besitzt zwar ein Flachdach, aber dieses ist eine reine Holzkonstruktion und statisch nicht ausreichend. Um ein Gründach aufzusetzen, müsste erst die vorhandene Konstruktion zurückgebaut und eine statische Berechnung durchgeführt werden. Da die jetzige Konstruktion vollkommen intakt ist, besteht aus wirtschaftlichen Gründen kein Bedarf, diese zurückzubauen und durch ein Gründach zu ersetzen.

## 2.6 Anlagentechnik

### Beheizung

In dem betrachteten Gebäude ist der Hautanschluss der Fernwärmeleitung installiert. Über diesen Hauptanschluss wird das Gebäude B wie auch die anderen Gebäude mit Wärme versorgt.

#### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

Nahwärme

Anzahl Erzeuger	1
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

#### 1. Nah-/Fernwärme 1

Erzeuger	Nah-/Fernwärme
Baujahr	2010
Art des Erzeugers	Wasser - niedrige Temperatur
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude B
Energieträger	Nah/Fernwärme aus Heizwerken - fossiler Brennstoff

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	90,0/70,0
Betriebsweise bei mehreren Prozessbereichen	Vorrangbetrieb
Dämmklasse Sekundär-/Primärseite	Sekundär 4, Primär 5
Regelung innerhalb der Station	nein
Nennleistung Fernwärmehausstation [kW]	162,69 (Standardwert)

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind Effizienzpumpen und geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht weitestgehend dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung der wärmeerzeugenden Anlage zurzeit nicht sinnvoll.

Ein hydraulischer Abgleich ist im Jahr 2017 durchgeführt worden. Im Falle einer Veränderung der Anlagentechnik bzw. der Gebäudehülle sollte der Abgleich neu durchgeführt werden.

## Warmwasserbereitung

### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

Durchlauferhitzer

Anzahl Erzeuger	7
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

#### 1. Elektrowärmeerzeuger 1

Erzeuger	elektrisch beheizter Wärmeerzeuger
Baujahr	2000
Art des Erzeugers	dezentral
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude B
Energieträger	Strom-Mix

***Die Warmwasserbereitung des Gebäude B erfolgt über dezentral angeordnete elektrische Durchlauf- bzw. -Untertischgeräte mit integriertem Speicher.***

***Der Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung fällt relativ gering aus, da Warmwasser nur zu reinigungszwecken genutzt wird und im Verhältnis zum Gesamtverbrauch zu vernachlässigen ist.***

## 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 ausschließlich über die vorhandenen Fenster und Türen.***

## Beleuchtung

In den betrachteten Gebäuden befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58W sowie mit konventionellem bzw. elektronischen Vorschaltgeräten [KVG, EVG].

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

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

### Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verkehrsfläche

Fläche [m <sup>2</sup> ]	644,93 (27,0 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	278,57
Fläche ohne Tageslicht $A_{kTL}$ [m <sup>2</sup> ]	366,36

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	LEDs in LED-Leuchten

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 2: Z2 Büro

Fläche [m <sup>2</sup> ]	1.345,61 (56,2 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	1.345,61
Fläche ohne Tageslicht $A_{kTL}$ [m <sup>2</sup> ]	0,00

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 3: Z3 Besprechung

Fläche [m <sup>2</sup> ]	31,76 (1,3 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	31,76
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	LEDs in LED-Leuchten

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 4: Z4 Küche

Fläche [m <sup>2</sup> ]	86,95 (3,6 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	86,95
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 5: Z5 WC**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	88,94 (3,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	39,21
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	49,73

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 6: Z6 Sonstiges**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	26,19 (1,1 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	26,19
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 7: Z7 Lager, Technik, Archiv**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	168,15 (7,0 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	89,73
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	78,42

## Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

## Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

In den Zonen der Büros und Besprechungsräumen sind noch alte Deckenleuchten mit KVG installiert. Vorrangig werden aber die moderneren Stehleuchten mit EVG genutzt.

## Einstufung von Solar und Photovoltaik

### Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht

diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

An diesem Gebäude würde die Installation einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung keinen wirklichen wirtschaftlichen Sinn ergeben, da die Investitionskosten, besonders für die Warmwasserversorgung, gegenüber den Einsparungen unverhältnismäßig hoch liegen.

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2019 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreuung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich), wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2019, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

An diesem Gebäude ist eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 12,5 kWp vorhanden. Der durch die auf dem Flachdach und an der südlichen Giebelfassade installierten Anlage erzeugten Strom wird zu 100 % für den Eigenbedarf verbraucht.

## **2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen**

### **2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre 2015 bis 2017 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

**Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch**

<b>Jahr</b>	<b>Heizung (Fernwärme)</b> [kWh/a]	<b>Klima- faktor<sup>3</sup></b> [-]	<b>klimabereinigter Verbrauch (Fernwärme)</b> [kWh/a]	<b>Strom</b> [kWh/a]	<b>Gesamt- energie- verbrauch</b> [kWh/a]	<b>Wasser</b> [m <sup>3</sup> /a]
2015	384.878	1,03	396.424	177.264	573.688	479
2016	333.684	1,03	343.695	104.364	448.058	468
2017	414.573	1,05	435.302	136.569	571.871	558
Mittelwert:	377.712		391.807	139.399	531.206	501

---

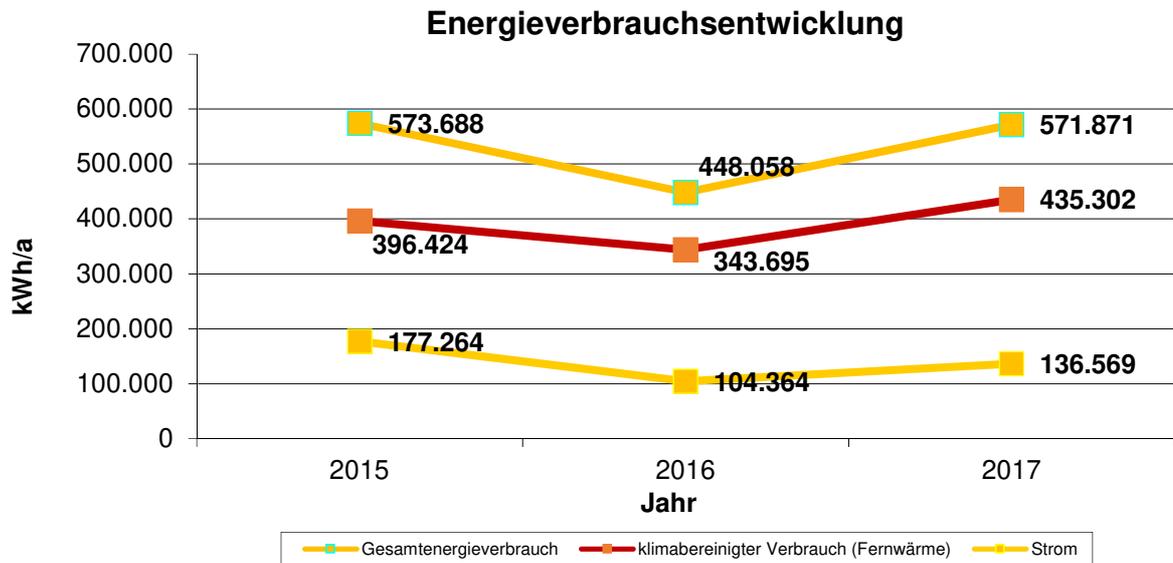
<sup>3</sup> Der Einfluss der Witterung und des Klimas auf den Energieverbrauch wird mittels eines so genannten Klimafaktors erfasst, der sowohl die Temperaturverhältnisse während eines Berechnungszeitraumes als auch die klimatischen Verhältnisse in Deutschland berücksichtigt.

Durch die Anwendung des Klimafaktors können die Energieverbrauchskennwerte verschiedener Berechnungszeiträume und von Gebäuden in verschiedenen klimatischen Regionen Deutschlands (zumindest überschlägig) verglichen werden.

Der Klimafaktor bezieht sich normalerweise in einer EnEV-konformen Berechnung auf den neuen Referenzort Potsdam (statt Würzburg). In dieser Berechnung wurde der Klimafaktor, entsprechend der Angabe aus dem Energiecontrolling des Kreises Stormarn, benutzt.

Die Witterungsbereinigung erfolgt durch das Multiplizieren des gemessenen Jahres-Heizenergieverbrauchs mit dem entsprechenden Klimafaktor. Als Faustregel gilt, dass ein Jahr umso wärmer ist, je größer der Klimafaktor ist.

## Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



### 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>4</sup>

Verwaltungsgebäude	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	9	58	26
Wärme	47	164	81
Wasser	64	210	167

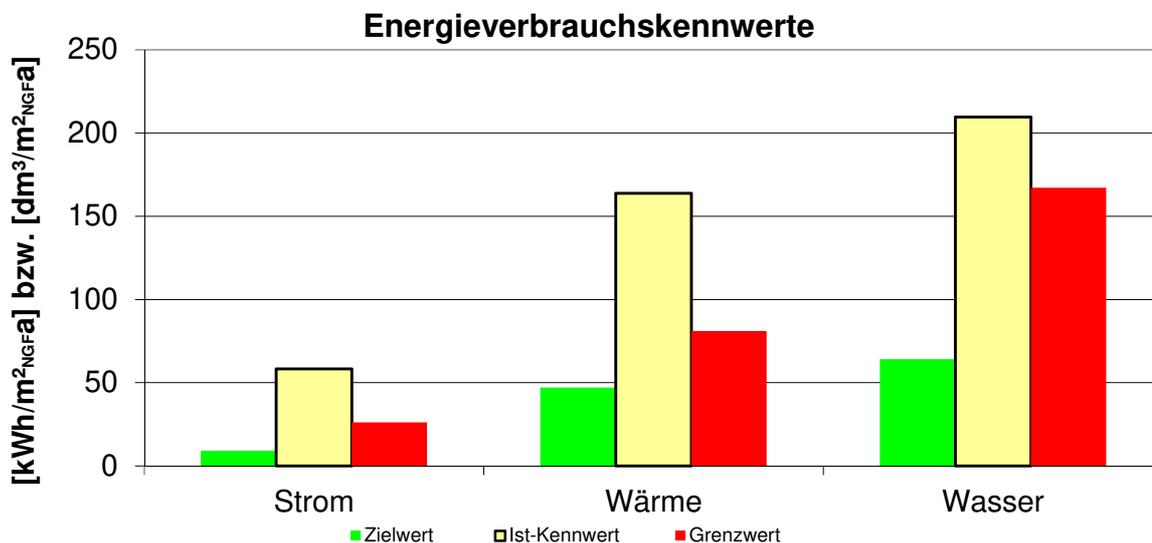
Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreis Stormarn

<sup>4</sup> 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)

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



### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren der Kreis Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2017 errechnet.

Energieträger	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor [g/kWh]	Energieverbrauch [kWh/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/a]
Erdgas	245	0	0
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	435.302	38.307
Strom	497	139.399	69.281
Summe:		574.701	107.588

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>126,09</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,19</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,00</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>1,03</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser)</b>	<b>126</b>

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

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen, unbedingt zu berücksichtigen.

→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe des Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Gebäude B Fernwärme	kWh	0,084	1,50	241,0
Gebäude B Strom-Mix	kWh	0,211	3,00	833,6

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Dämmen der Heizkörpernischen

SV2: Hohlraumdämmung der Außenwände mit Klinkerflächen

SV3: Dämmen der AW mit Betonvorhangfassade

SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

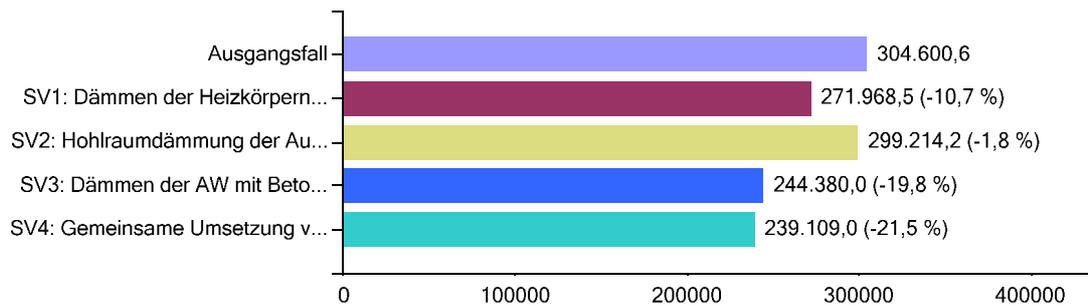
Parameter	Ausgangsfall	SV1: Dämmen der Heizkörper- nischen	SV4: Hohlraum- dämmung der Außen- wände mit Klinker- flächen	SV3: Dämmen der AW mit Beton- vorhang- fassade	SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	32.942	1.927	120.979	122.906
Nutzungsdauer [a]	-	45	45	45	45
dynamische Amortisation [a]	-	11	5	19	18
Kosten/ Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,02	0,01	0,04	0,04
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>5)</sup>	27.370	24.625	26.917	22.304	21.861
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	2.745	453	5.066	5.508
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	10	2	19	20
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	304.601	271.968	299.214	244.376	239.109
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	32.632	5.386	60.225	65.491
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	11	2	20	22
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	397.570	355.136	390.566	319.256	312.407
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	42.433	7.004	78.314	85.162
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	11	2	20	21
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	80.743	72.862	79.442	66.199	64.927
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	7.881	1.301	14.544	15.816
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	9,8	1,6	18,0	19,6

<sup>5)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

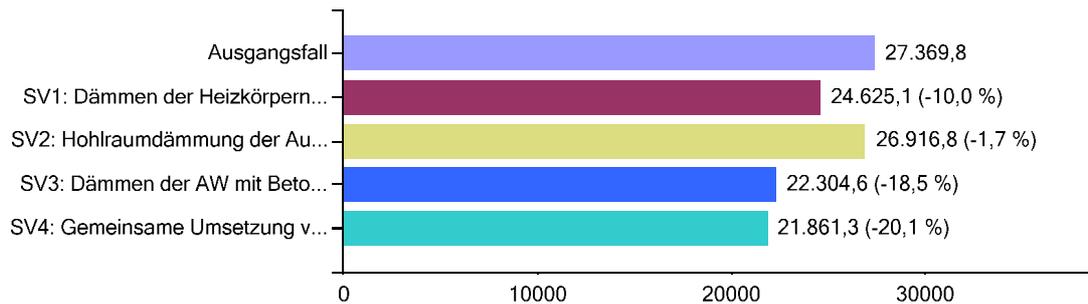
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



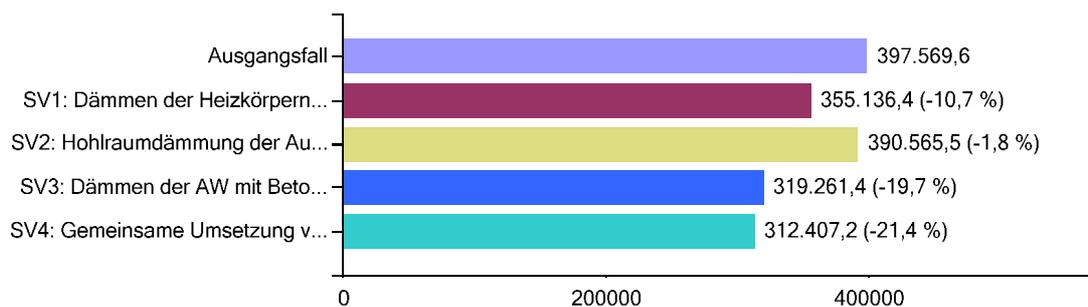
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

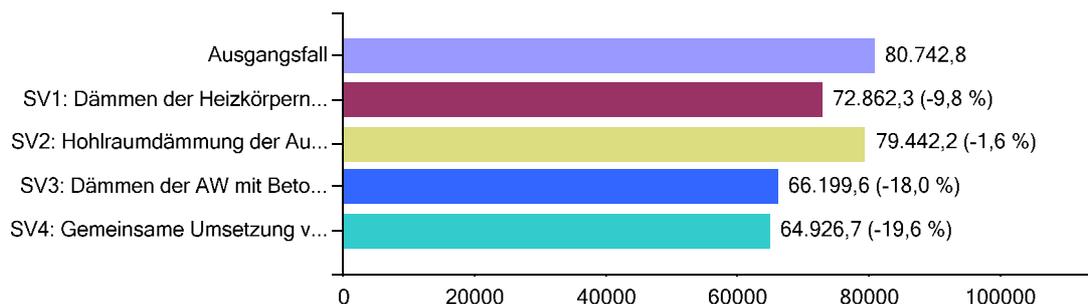
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Dämmen der Heizkörpernischen

### Dämmen von Heizkörpernischen:

Sämtliche Heizkörpernischen werden nachträglich gedämmt. Hierfür wird ca. 10 cm Dämmmaterial in die Heizkörpernische eingebaut und mit einer Abschlussplatte versehen. Wichtig ist, dass das Eindringen von Feuchtigkeit in die Dämmung durch eine geeignete Folie verhindert wird. Für diese Maßnahme sollte ein erfahrener Bauphysiker hinzugezogen werden. Für die Berechnung wird ein U-Wert von 0,6 W/m<sup>2</sup>K im Bereich der Heizkörpernischen angenommen.

Sanierungsvariante		SV1: Dämmen der Heizkörpernischen	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	32.942	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	249,6	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	132,00	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.370	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	24.625	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	2.745	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	10	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	304.601	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	127,3	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	271.968	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	113,7	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	32.632	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	11	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	80.743	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	72.862	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	7.881	kg/a	

Sanierungsvariante		SV1: Dämmen der Heizkörpernischen	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		9,8	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		11	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,02	€/kWh

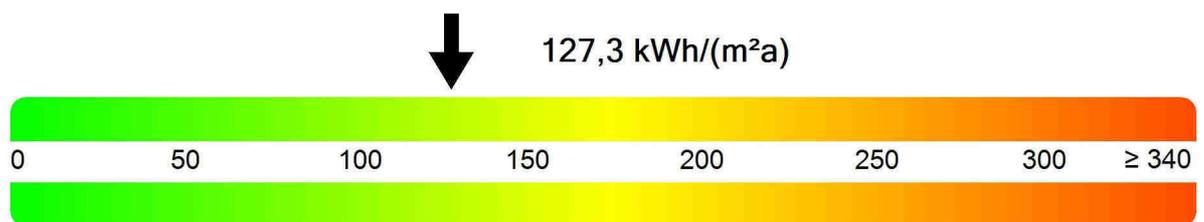
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

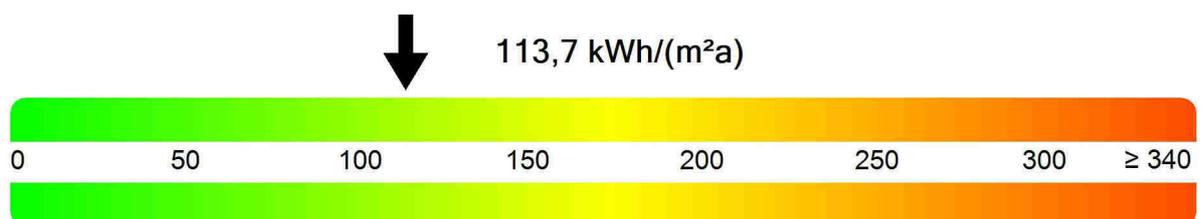
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Hohlraumverfüllung der Klinkerflächen

Bei einem zweischaligen Mauerwerk besteht, bei einer ausreichend starken Luftschicht zwischen Hintermauerung und Vormauerung, die Möglichkeit einer Hohlraumdämmung. Hierfür sollte eine Mauerwerksuntersuchung mittels Endoskop vorgenommen werden. Für die Simulation wird eine Luftschicht von 4 cm zugrunde gelegt. Durch das Verfüllen dieser Luftschicht könnte der U-Wert erheblich verbessert werden. Für die Berechnung wird daher ein U-Wert von 0,6 W/m<sup>2</sup>K berücksichtigt.

Sanierungsvariante		SV2: Hohlraumverfüllung der AW mit Klinkerflächen	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	1.927	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	70,1	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	27,50	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.370	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	26.917	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	453	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	2	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	304.601	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	127,3	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	299.214	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	125,1	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	5.386	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	2	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	80.743	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	79.442	kg/a	

Sanierungsvariante		SV2: Hohlraumverfüllung der AW mit Klinkerflächen	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		1.301	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		1,6	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		5	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,01	€/kWh

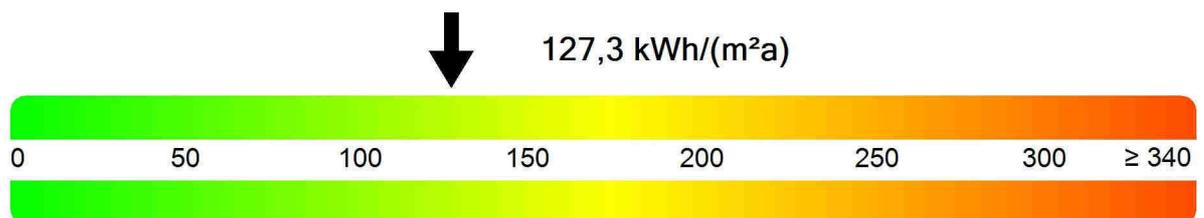
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

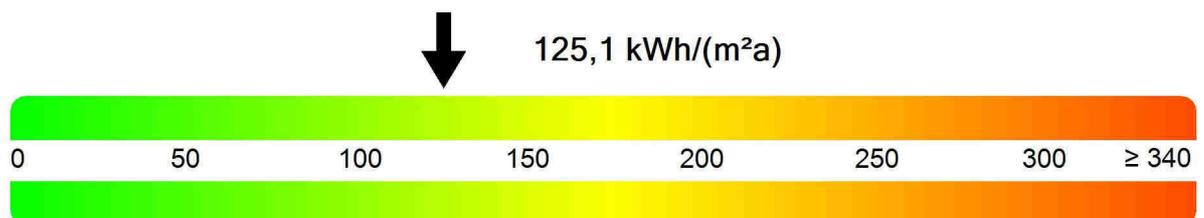
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.6 SV3: Dämmen der Betonfassade

### Dämmen der Beton-Vorhangflächen:

Die Außenwandflächen des Gebäudes mit Beton-Vorhangflächen werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen beträgt  $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um diesen U-Wert zu erreichen, wird eine Dämmstärke von ca. 16 cm mit einem Lambda-Wert von  $035 \text{ W/mK}$  benötigt. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Berechnung wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt, als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Bei einem Lambda-Wert von  $035 \text{ W/mK}$  müssten zusätzlich nur ca. 6 cm an Dämmmaterial mehr eingebaut werden. Die relativ geringen Mehrkosten hieraus resultieren nur aus der zusätzlichen Dämmstoffstärke. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster und besonders die bisher ungedämmten Stahlbetonstützen ist zu achten. Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Alle vorhandenen Verblender/Vorhangplatten werden entfernt. Die freigelegten 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 z. B. Putz 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 erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Sanierungsvariante	SV3: Dämmen der Betonfassade	
	Wert	Einheit
<b>Wirtschaftlichkeit</b>		
<b>Kenndaten</b>		
Investition	120.979	€
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	404,4	m <sup>2</sup>
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	217,69	€/m <sup>2</sup>
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.370	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	22.304	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	5.066	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	19	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	304.601	kWh/a

Sanierungsvariante		SV3: Dämmen der Betonfassade	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation		127,3	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		244.376	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		102,1	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung		60.225	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		20	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>		80.743	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		66.199	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		14.544	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		18,0	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		19	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,04	€/kWh

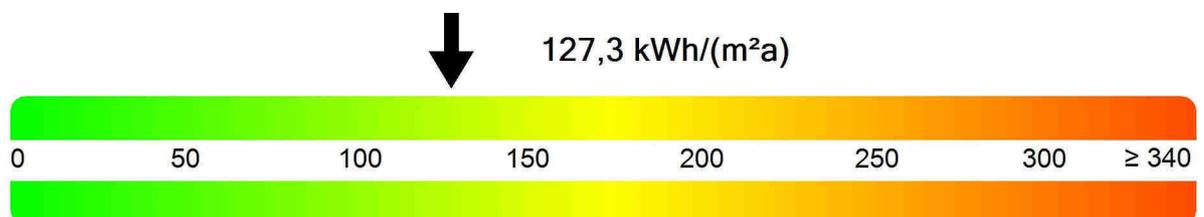
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

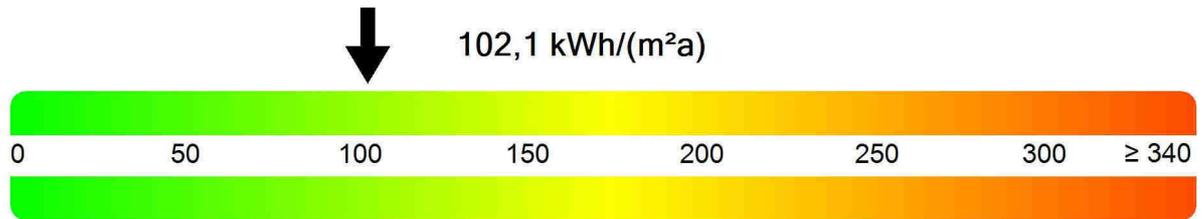
<sup>3)</sup> (Gesamteinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.7 SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Dämmen der Heizkörpernischen
  - SV4: Hohlraumdämmung der Außenwände mit Klinkerflächen
  - SV3: Dämmen der AW mit Betonvorhangfassade
- zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	122.906	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.370	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	21.861	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	5.508	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	20	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	304.601	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	127,3	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	239.109	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	99,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	65.491	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	22	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)</sup> ) <sup>2)</sup>	80.743	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	64.927	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	15.816	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	19,6	%	
Nutzungsdauer	45	a	
dynamische Amortisation	18	a	

Sanierungsvariante		SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,04	€/kWh

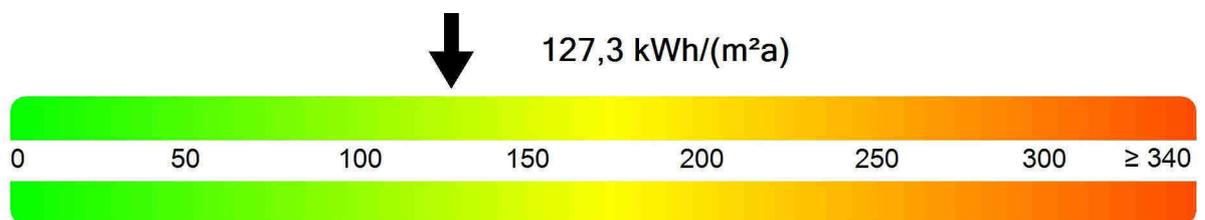
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

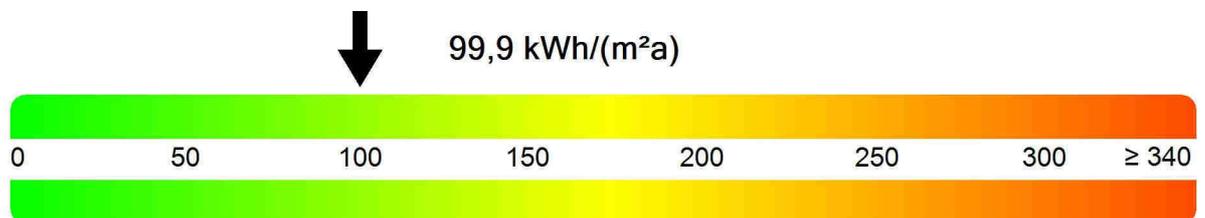
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung im Rahmen des  
Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



Objekt: KSTK Kreis Stormarn Kreisverwaltung Gebäude  
C und KT-Saal  
Mommsen Straße 13  
23843 Bad Oldesloe

Greven, 18.12.2019

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	13
2.4 Wärmebrücken .....	15
2.5 Dachbegrünung .....	15
2.6 Anlagentechnik .....	17
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	29
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	29
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	31
2.7.3 Emissionen .....	32
2.8 Gebäudebetrachtung .....	33
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	33
2.8.2 Energiekosten .....	34
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	34
3 Sanierungsvarianten .....	35
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	35
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	36
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	36
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	37
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	38
4.4 SV1: Installation eines Durchlauferhitzers .....	39
4.5 SV2: Fenstererneuerung .....	41
4.6 SV3: Hohlraumdämmung der AW .....	43
4.7 SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV2 und SV3 .....	45
4.8 SV5: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3 .....	47

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht der Kreisverwaltung Gebäude C und KT-Saal wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 des Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde an Hand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie an Hand 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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Verwaltung
Baujahr	1951
Baujahr des Wärmeerzeugers	2010
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	7.028,2
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	2.297,3
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	3.444,1
Anzahl der Geschosse	4
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreis Stormarn Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton
Kellerdecke	Stahlbeton
Geschossdecken	Stahlbeton
oberste Geschossdecke	Stahlbeton
Außenwand	Zweischaliges Mauerwerk mit äußerer Verblendung, teilweise Verblendung mit großflächigen Steinplatten bzw. Waschbetonplatten
Dach	Schrägdach mit Nord-Ost und Süd-West Ausrichtung am Gebäude C sowie Flachdach am KT-Gebäude
Fenster	Metallfenster aus den 80er Jahren am Gebäude C und aus den 90er/2000er Jahren am KT-Gebäude

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 2: Nord-Ost Seite des Gebäudes C mit Haupteingang



Bild 3: Nord-Ost Seite des Gebäudes C mit Glasfassade des KT-Gebäude



Bild 4: Glasfassade auf Nord-Ost Seite des KT-Gebäudes



Bild 5: Süd-Ost Seite des KT-Gebäudes

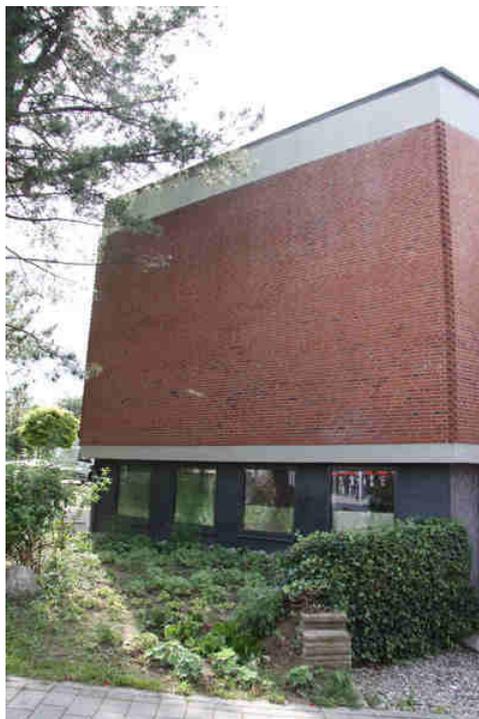


Bild 6: Süd-Seite des KT-Gebäudes



Bild 7: Süd-West Seite des Sitzungssaals am KT-Gebäudes



Bild 8: West-Seite des KT-Gebäudes



Bild 9: Süd-Ost Eingang zum KT-Gebäude



Bild 10: Süd-Ost Seite des Gebäudes C



Bild 11: Nord-West Giebel des Gebäudes C



Bild 12: Heizungsverteilung für Gebäude C und KT



Bild 13: Klimagerät für das KT-Gebäude



Bild 14: Lüftungskanäle für die Klimatisierung in den Besprechungsräumen des UG im KT-Gebäude



Bild 15: Sitzungssaal im KT-Gebäude

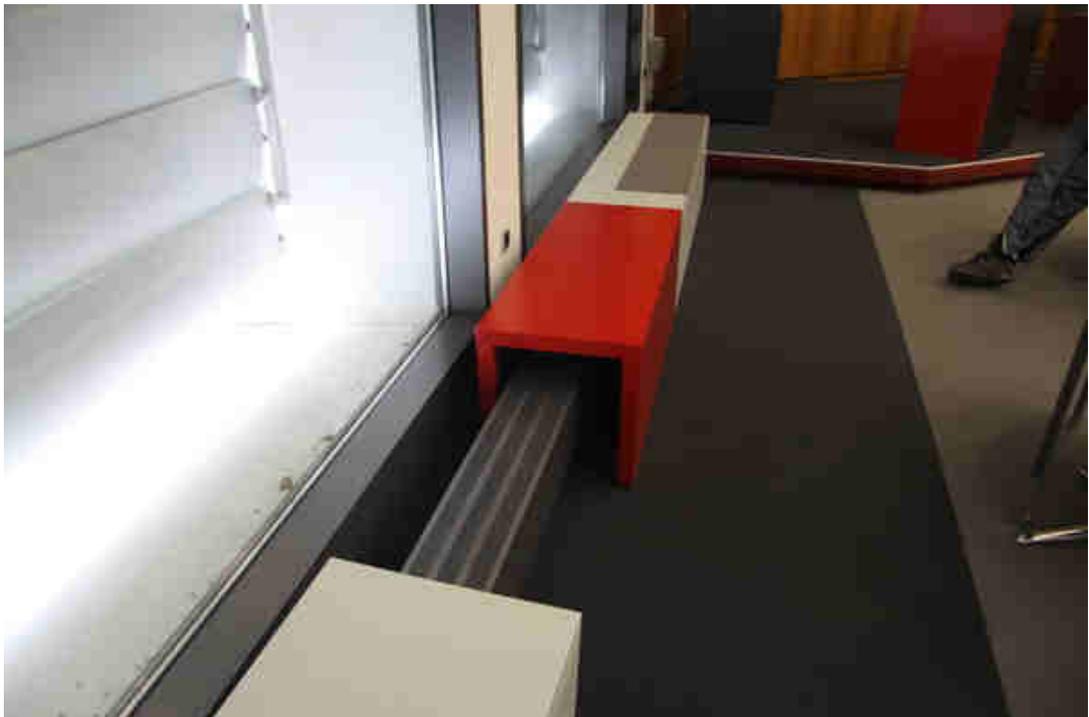


Bild 16: Konvektoren für die zusätzliche Beheizung des Sitzungssaales

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude C

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Außenwand SO	24,64	20,06	1,48	0,24	(1,00)
Fenster 1,51*1,01 (Z2)		4,58	3,0	1,30	--
Außenwand SW	350,01	276,05	1,48	0,24	(1,00)
Fenster 1,38*1,51 (Z2)		66,68	3,0	1,30	--
Fenster 1,01*0,8 (Z1)		5,66	3,0	1,30	--
Fenster 1,01*0,8 (Z6)		1,62	3,0	1,30	--
Außenwand NW	84,72	81,30	1,48	0,24	(1,00)
Fenster 1,01*1,13 (Z5)		3,42	3,0	1,30	--
Außenwand NO	428,87	322,04	1,48	0,24	(1,00)
Fenster 1,04*0,68 (Z7)		4,24	3,0	1,30	--
Fenster 1,04*0,68 (Z1)		1,41	3,0	1,30	--
Fenster 1,38*1,51 (Z2)		22,92	3,0	1,30	--
Fenster 1,38*1,51 (Z6)		6,25	3,0	1,30	--
Fenster 1,38*1,51 (Z1)		25,01	3,0	1,30	--
Fensterfront Eingang (Z1)		38,84	3,0	1,30	--
Fensterfront 2. Eingang (Z1)		8,15	3,0	1,30	--
Kellerwand gegen Erdreich SO	5,29	5,29	1,00	0,30	--
Kellerwand gegen Erdreich SW	47,78	47,15	1,00	0,30	--
Kellerfenster 0,90*0,7 (Z7)		0,63	3,0	1,30	--
Kellerwand gegen Erdreich NW	11,56	11,56	1,00	0,30	--
Kellerwand gegen Erdreich NO	58,54	58,54	1,00	0,30	--
Kellerboden	355,48	355,48	1,00	0,30	--
oberste Geschossdecke	355,48	355,48	0,60	0,24	0,80
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>1.722,36</b>			

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

## Gebäude KT (Saal)

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Kellerwand gegen Erdreich	254,43	248,43	1,00	0,30	--
Kellertür (Z1) KT-Saal		6,00	4,0	1,80	--
Bodenplatte	395,83	395,83	1,00	0,30	--
Flachdach	425,05	425,05	0,60	0,20	(1,00)
Außenwand Saal Klinker NO	51,37	51,37	1,48	0,24	(1,00)
Außenwand Saal VHF NO	18,81	18,81	1,20	0,24	(1,00)
Außenwand Saal Klinker NW	67,38	67,38	1,48	0,24	(1,00)
Außenwand Saal VHF NW	24,67	24,67	0,60	0,24	(1,00)
Außenwand Saal Klinker W	67,38	25,34	1,48	0,24	(1,00)
Fenster 3,39*6,20 (Z3) KT-Saal		42,04	1,9	1,30	--
Außenwand Saal VHF W	24,67	21,94	0,60	0,24	(1,00)
Fenster 1,17*1,17 (Z7) KT-Saal		2,74	1,9	1,30	--
Außenwand Saal Klinker SW	102,88	39,83	1,48	0,24	(1,00)
Fenster 3,39*6,20 (Z3) KT-Saal		63,05	1,9	1,30	--
Außenwand Saal VHF SW	37,67	22,77	1,20	0,24	(1,00)
Fenster 1,17*2,60 (Z3) KT-Saal		12,17	1,9	1,30	--
Fenster 1,17*1,17 (Z4) KT-Saal		2,74	1,9	1,30	--
Außenwand Saal Klinker SO	67,38	67,38	1,48	0,24	(1,00)
Außenwand Saal VHF SO	24,67	15,97	1,20	0,24	(1,00)
Fenster 1,45*1,50 (Z3) KT-Saal		8,70	1,9	1,30	--
Außenwand Hauptteil O Klinker	48,47	48,47	1,48	0,24	(1,00)
Außenwand Foyer O	62,61	2,59	1,20	0,24	(1,00)
Fenster 10,14*2,96 (Z1) KT-Saal		60,03	1,9	1,30	--
Außenwand Foyer SO	48,41	2,00	1,20	0,24	(1,00)
Fenster 7,84*2,96 (Z1) KT-Saal		46,41	1,9	1,30	--
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>1.721,70</b>			

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung)

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

### Vorteile:

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*
- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*

- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

**Nachteile:**

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

Eine Dachbegrünung ist am Gebäude C nur mit einer Änderung der Dachkonstruktion möglich. Dieses würde aber einen hohen finanziellen Aufwand bedeuten und könnte bei einer kompletten Sanierung der Dachflächen in Erwägung gezogen werden.

Am KT-Gebäude wäre die Umgestaltung der vorhandenen Dachfläche nach eingehender statischen Untersuchung möglich. Der finanzielle Rahmen ist in diesem Fall überschaubarer.

## 2.6 Anlagentechnik

### Beheizung

Die betrachteten Gebäudebereiche werden durch den Fernwärmehauptanschluss vom Gebäude B mit Heizenergie versorgt. Die Übergabe erfolgt im Kellergeschoss des Gebäudes C

#### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

Wärmeerzeugungseinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

1. Nah-/Fernwärme 1

Erzeuger	Nah-/Fernwärme
Baujahr	2000
Art des Erzeugers	Wasser - niedrige Temperatur
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude C
Energieträger	Nah/Fernwärme aus Heizwerken - erneuerbarer Brennstoff

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	90,0/70,0
Betriebsweise bei mehreren Prozessbereichen	Vorrangbetrieb
Dämmklasse Sekundär-/Primärseite	Sekundär 4, Primär 5
Regelung innerhalb der Station	nein
Nennleistung Fernwärmehausstation [kW]	231,98 (Standardwert)

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht weitestgehend dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Steuerungskasten am Übergabepunkt geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung der wärmeerzeugenden Anlage zurzeit nicht sinnvoll.

Ein hydraulischer Abgleich ist im Jahr 2017 durchgeführt worden und sollte turnusmäßig überprüft werden.

## Warmwasserbereitung

### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

Erzeugereinheit 1

Anzahl Speicher	1
Geometrie	
Anzahl der Geschosse	1
Geschosshöhe [m]	3,06
charakteristische Breite [m]	10,28
charakteristische Länge [m]	72,48

1. Speicher 1

Baujahr	2000
Art des Trinkwarmwasserspeichers	gasbeheizter Trinkwarmwasserspeicher
Aufstellung des Speichers	stehend
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude C
Speicher-Nenninhalt [l]	160,0
Bereitschafts-Wärmeverlust [kWh/d]	10,77 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Nennleistung [-]	0,820 (Standardwert)
Kessel-Nennleistung [kW]	5,59
Energieträger	Erdgas H

Speicher und Wärmeerzeuger befinden sich im selben Raum

Erzeugereinheit 2

Anzahl Erzeuger	1
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

1. Elektrowärmeerzeuger 1

Erzeuger	elektrisch beheizter Wärmeerzeuger
Baujahr	2000
Art des Erzeugers	dezentral
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Energieträger	Strom-Mix

***Die Warmwasserbereitung des Gebäudes C und des KT-Gebäudes erfolgt über einen mit Gas beheizten Warmwasserspeicher und dezentral angeordnete elektrische Speicher bzw. Durchlauferhitzer.***

## 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 dem untersuchten Gebäude C erfolgt die Be- und Entlüftung ausschließlich über die vorhandenen Fenster und Türen. Im Gebäude KT wird der große Sitzungssaal im Erdgeschoß und die beiden kleineren Sitzungssäle im Untergeschoß durch eine Lüftung mit Frischluft versorgt. In den restlichen Räumen erfolgt die Be- und Entlüftung ausschließlich über die vorhandenen Fenster und Türen.***

### Anlagentechnik: Lüftung

RLT-Luftsystem 1

Betriebsweise	Heizfunktion
Luftkanaloberfläche außerhalb der thermischen Hülle A <sub>K,A</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00

### Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil Wärme	Deckungsanteil Kälte
RLT-Einheit 1	1,00	0.00

### Übergaben

Zone	Deckungsanteil	Nutzungsgrad Übergabe Wärme	Nutzungsgrad Übergabe Kälte
Gebäude KT (Saal)	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)

### Anlagentechnik: Klima

**Kälteerzeugereinheit 1**

Anzahl Erzeuger	1
Art des Kältesystems	Direktverdampfung (direktes System)
Vor-/Rücklaufemperatur Primärkreis [°C]	6,0/12,0
Geometrie	
Anzahl der Geschosse	2
Geschosshöhe [m]	5,05
charakteristische Breite [m]	7,19
charakteristische Länge [m]	98,68
Kältespeicher vorhanden	nein

**1. Kälteerzeuger 1**

Baujahr	2019
Art der Kälteerzeugung	Kompressionskältemaschine
Art der Kühlung	Raumklimasystem
Art des Raumklimasystems	VRF-Systeme mit variablem Kältemittelmassstrom
Freie Kühlung	keine freie Kühlung

**Kühlkreis 1**

Art des Systems	direkt
-----------------	--------

**Erzeugereinheiten**

Einheit	Deckungsanteil
Kälteerzeugereinheit 1	1,00

**Übergabe 1: Übergabe 1**

Art der Sekundärluftventilatoren	Inneneinheiten mit Luftverteilung über Kanäle und individuelle Luftdurchlässe
Energiebedarfsfaktor der Ventilatoren [kWh/kWh]	0,06 (Standardwert)
Nutzungsgrad Kälteübergabe an den Raum - Luftführung Kühlen [-]	0,00 (Standardwert)
Nutzungsgrad Wärmeübergabe an den Raum - Luftführung Heizen [-]	0,00 (Standardwert)

**Zonenzuordnungen**

Zone	Deckungsanteil
Gebäude KT (Saal)	1,00

## Beleuchtung

In den betrachteten Gebäuden befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{\text{Lampe}}$  bis zu 58W sowie mit elektronischen und konventionellem Vorschaltgeräten [EVG; KVG].

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

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

### Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verkehrsflächen Gebäude C

Fläche [m <sup>2</sup> ]	460,81 (36,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{\text{TL}}$ [m <sup>2</sup> ]	258,69
Fläche ohne Tageslicht $A_{\text{KTL}}$ [m <sup>2</sup> ]	202,12

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	LEDs in LED-Leuchten

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Automatisch
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 1,01*0,8 (Z1) – Außenwand SW (7mal)
Fenster 1,04*0,68 (Z1) – Außenwand NO (2mal)
Fenster 1,38*1,51 (Z1) – Außenwand NO (12mal)
Fensterfront Eingang (Z1) – Außenwand NO
Fenstertür 2. Eingang (Z1) – Außenwand NO

**Beleuchtungsbereich 2: Z2 Büro Gebäude C**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	380,21 (30,3 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	260,99
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	119,22

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1,51*1,01 (Z2) – Außenwand SO (3mal)
Fenster 1,38*1,51 (Z2) – Außenwand SW (32mal)
Fenster 1,38*1,51 (Z2) – Außenwand NO (11mal)

**Beleuchtungsbereich 3: Z4 Küche in NWG Gebäude C**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	17,72 (1,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	17,72
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung F <sub>t</sub> [-]	1,0 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 4: Z5 WC und Sanitär Gebäude C**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	91,02 (7,3 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	15,83
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	75,19

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1,01*1,13 (Z5) – Außenwand NW (3mal)
--

**Beleuchtungsbereich 5: Z6 Sonstige Aufenthaltsräume Gebäude C**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	71,37 (5,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	33,09
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	38,28

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1,01*0,8 (Z6) – Außenwand SW (2mal)
Fenster 1,38*1,51 (Z6) – Außenwand NO (3mal)

**Beleuchtungsbereich 6: Z7 Lager, Technik, Archiv Gebäude C**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	232,36 (18,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	39,48
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	192,88

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Kellerfenster 0,90*0,7 (Z7) – Kellerwand gegen Erdreich SW
Fenster 1,04*0,68 (Z7) – Außenwand NO (6mal)

**Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verkehrsfläche Gebäude KT**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	242,71 (23,3 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	242,71
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	LEDs in LED-Leuchten

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Automatisch
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 10,14*2,96 (Z1) KT-Saal – Außenwand Foyer O (2mal)
Fenster 7,84*2,96 (Z1) KT-Saal – Außenwand Foyer SO (2mal)

**Beleuchtungsbereich 2: Z3 Besprechung Gebäude KT**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	403,91 (38,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	344,83
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	59,08

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1,45*1,50 (Z3) KT-Saal – Außenwand Saal VHF SO (4mal)
Fenster 1,17*2,60 (Z3) KT-Saal – Außenwand Saal VHF SW (4mal)
Fenster 3,39*6,20 (Z3) KT-Saal – Außenwand Saal Klinker SW (3mal)
Fenster 3,39*6,20 (Z3) KT-Saal – Außenwand Saal Klinker W (2mal)

**Beleuchtungsbereich 3: Z4 Küche in NWG Gebäude KT**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	25,88 (2,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	10,47
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	15,41

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1,17*1,17 (Z4) KT-Saal – Außenwand Saal VHF SW (2mal)
---

**Beleuchtungsbereich 4: Z5 WC und Sanitär Gebäude KT**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	33,76 (3,2 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	33,76

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 5: Z6 Sonstige Aufenthaltsräume Gebäude KT**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	36,42 (3,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	36,42

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 6: Z7 Lager, Technik, Archiv Gebäude KT**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	301,13 (28,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	10,47
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	290,66

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 1,17*1,17 (Z7) KT-Saal – Außenwand Saal VHF W (2mal)
--

## Einstufung von Solar und Photovoltaik

### Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2019 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreibung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2019, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

Auf dem Flachdach des KT-Gebäudes wurde eine Solaranlage installiert. Der so gewonnene Strom wird zu 100 % im Gebäude C sowie KT-Saal verbraucht.

## **2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen**

### **2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

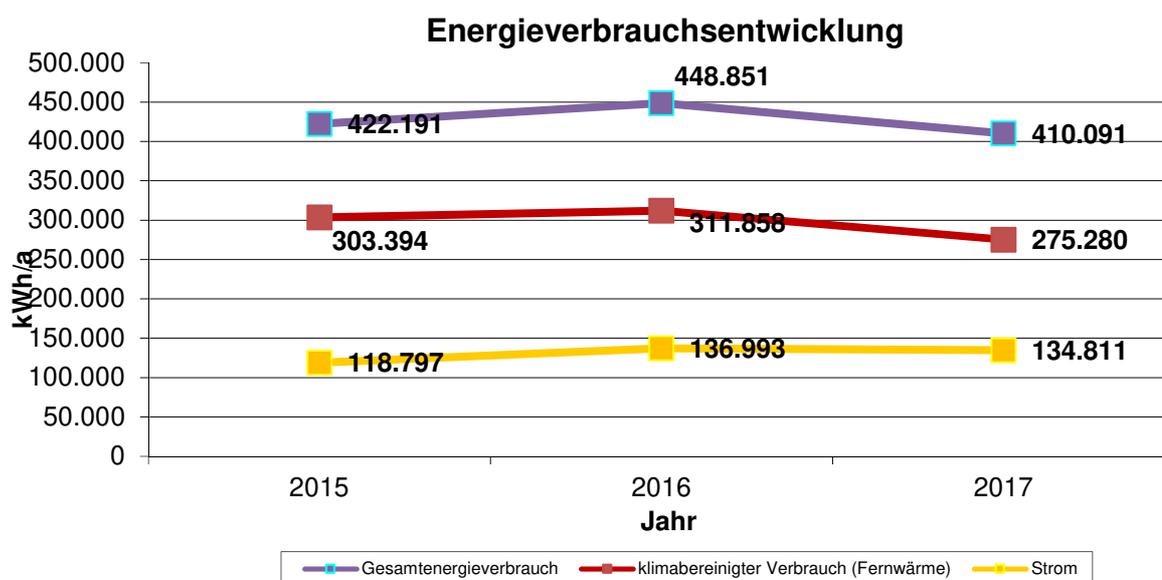
- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre 2015 bis 2017 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

### Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	Heizung (Fernwärme)	Klima- faktor <sup>3</sup>	klimabereinigter Verbrauch (Fernwärme)	Strom	Gesamt- energie- verbrauch	Wasser
	[kWh/a]		[kWh/a]			
2015	294.557	1,03	303.394	118.797	422.191	348
2016	302.775	1,03	311.858	136.993	448.851	316
2017	262.171	1,05	275.280	134.811	410.091	415
Mittelwert:	286.501		296.844	130.201	427.044	360

### Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



<sup>3</sup> Der Einfluss der Witterung und des Klimas auf den Energieverbrauch wird mittels eines so genannten Klimafaktors erfasst, der sowohl die Temperaturverhältnisse während eines Berechnungszeitraumes als auch die klimatischen Verhältnisse in Deutschland berücksichtigt.

Durch die Anwendung des Klimafaktors können die Energieverbrauchskennwerte verschiedener Berechnungszeiträume und von Gebäuden in verschiedenen klimatischen Regionen Deutschlands (zumindest überschlägig) verglichen werden.

Der Klimafaktor bezieht sich normalerweise in einer EnEV-konformen Berechnung auf den neuen Referenzort Potsdam (statt Würzburg). In dieser Berechnung wurde der Klimafaktor, entsprechend der Angabe aus dem Energiecontrolling des Kreises Stormarn, benutzt.

Die Witterungsbereinigung erfolgt durch das Multiplizieren des gemessenen Jahres-Heizenergieverbrauchs mit dem entsprechenden Klimafaktor. Als Faustregel gilt, dass ein Jahr umso wärmer ist, je größer der Klimafaktor ist.

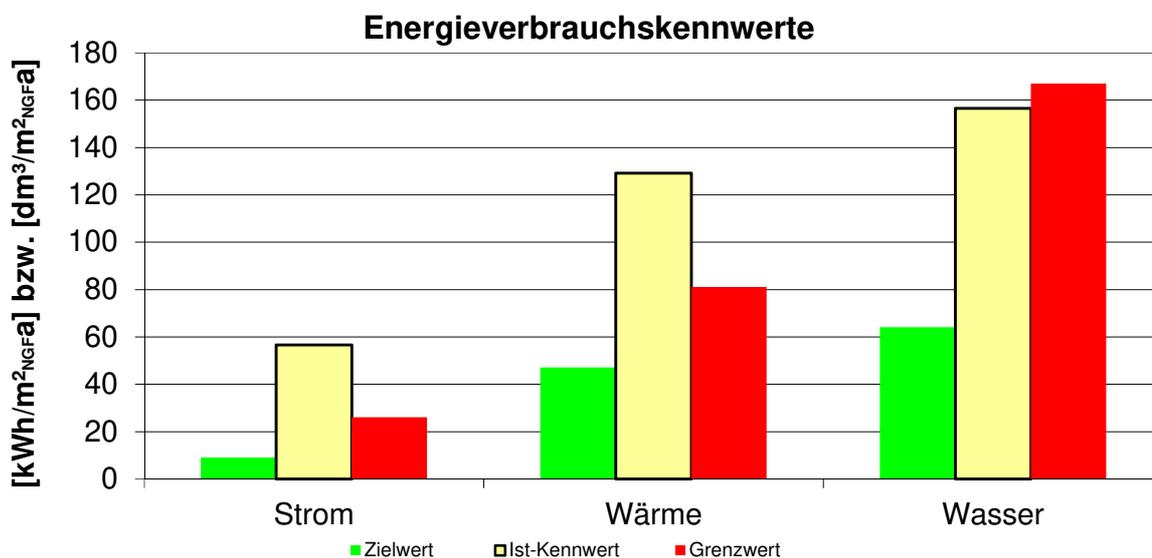
## 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>4</sup>

Verwaltungsgebäude	Energieverbrauchskennwerte in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]			
	Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
	Strom	9	57	26
	Wärme	47	129	81
	Wasser	64	157	167

Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreises Stormarn

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



<sup>4</sup> 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)

### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren des Kreises Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2018 errechnet.

<b>Energieträger</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor [g/kWh]</b>	<b>Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]</b>
Erdgas	245	0	0
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	262.171	23.071
Strom	497	134.811	67.001
Summe:		396.982	90.072

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>125,73</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>2,70</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,58</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>0,57</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser)</b>	<b>129</b>

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

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen, unbedingt zu berücksichtigen.

→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe des Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Gebäude C + KT Erdgas	kWh	0,100	3,00	211,0
Gebäude C + KT Strom-Mix	kWh	0,211	3,00	833,6
Gebäude C + KT Fernwärme	kWh	0,084	1,50	241,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Installation eines Durchlauferhitzers

SV2: Fenstererneuerung

SV3: Hohlraumdämmung der AW

SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV2 und SV3

SV5: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus bis zu 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

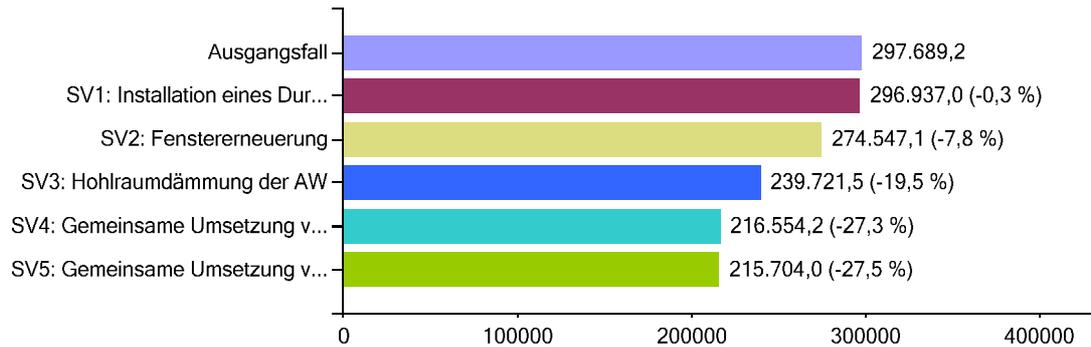
Parameter	Ausgangsfall	SV1: Installation eines Durchlauf- erhitzers	SV2: Fenster- erneuerung	SV3: Hohlraum- dämmung der AW	SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV2 und SV3	SV5: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	3.850	125.007	21.983	146.990	150.840
Nutzungsdauer [a]	-	25	40	45	45	45
dynamische Amortisation [a]	-	17	39	5	18	18
Kosten/ Nutzen- Faktor [€/kWh]	-	0,20	0,14	0,01	0,04	0,04
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>5)</sup>	27.317	27.188	25.373	22.433	20.485	20.348
Energiekostener- sparnis im ersten Jahr [€/a]	-	129	1.945	4.884	6.832	6.969
prozentuale Energiekostener- sparnis im ersten Jahr [%]	-	0,47	7	18	25	26
jährlicher Endenergiebeda- rf [kWh/a]	297.689	296.937	274.547	239.722	216.554	215.704
jährliche Endenergieeins- parung [kWh/a]	-	752	23.142	57.968	81.135	81.985
prozentuale Endenergieeins- parung [%]	-	0	8	19	27	28
jährlicher Primärenergiebe- darf [kWh/a]	21.986	18.649	19.651	17.727	15.366	12.023
jährliche Primärenergieei- nsparung [kWh/a]	-	3.338	2.336	4.260	6.621	9.963
prozentuale Primärenergieei- nsparung [%]	-	15	11	19	30	45
jährliche CO <sub>2e</sub> - Emissionen [kg/a]	80.785	80.880	75.203	66.743	61.147	61.221
jährliche CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [kg/a]	-	- 95	5.583	14.042	19.638	19.564
prozentuale CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [%]	-	- 0,1	6,9	17,4	24,3	24,2

<sup>5)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

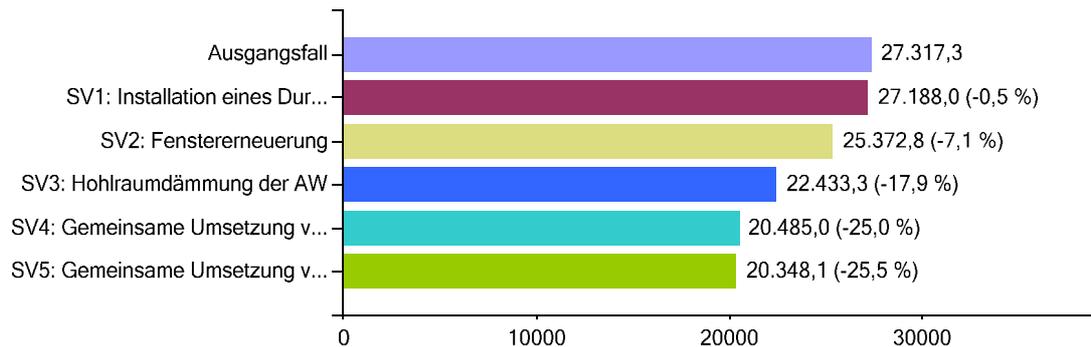
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



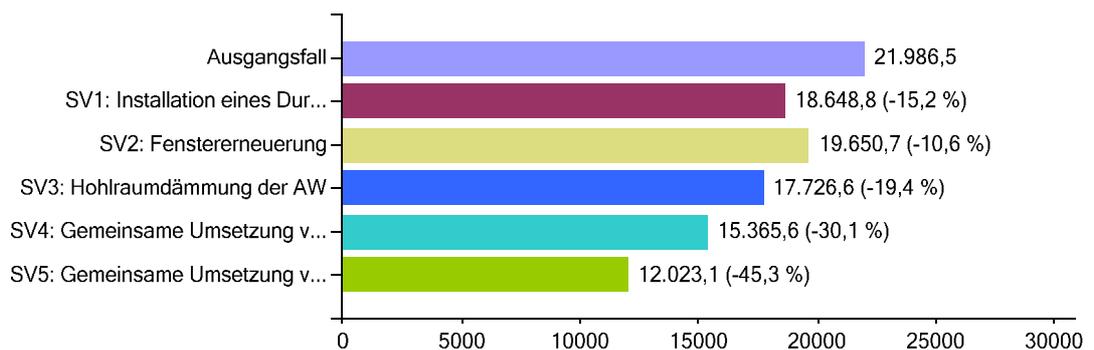
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

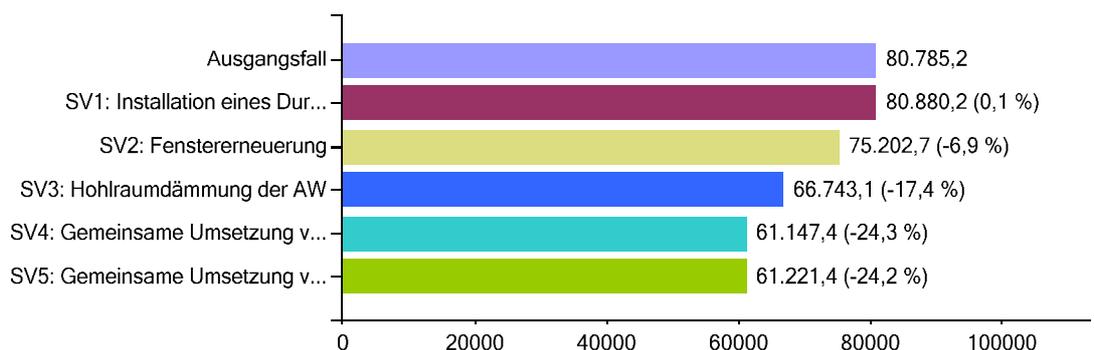
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Installation eines Durchlauferhitzers

Der im Gebäude B installierte gasbetriebene Warmwasserspeicher wird in dem erforderlich versorgten Raum durch einen Durchlauferhitzer ersetzt. Durch diesen Austausch entfallen die hohen Bereitschaftsverluste für den Speicher. Es muss nicht mehr der Warmwasserspeicher bevvorratet werden, sondern eine Warmwassererwärmung erfolgt nur bei Bedarf.

Sanierungsvariante		SV1: Installation eines Durchlauferhitzers	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	3.850	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.317	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	27.188	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	129	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	0	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	297.689	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	130	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	296.937	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	129	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	752	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	27,21	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	80.785	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	80.880	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	- 95	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	- 0,1	%	
Nutzungsdauer	25	a	
dynamische Amortisation	17	a	

Sanierungsvariante		SV1: Installation eines Durchlauferhitzers	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,20	€/kWh

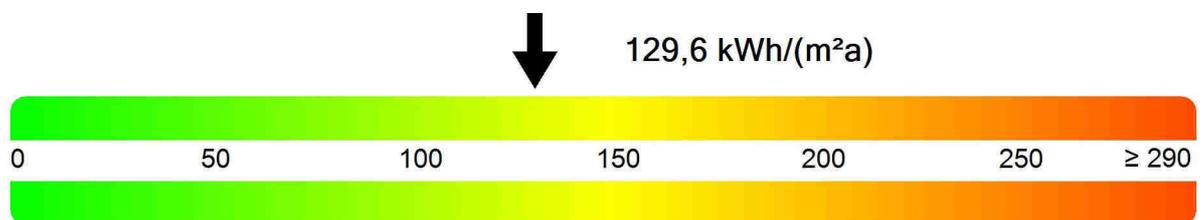
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

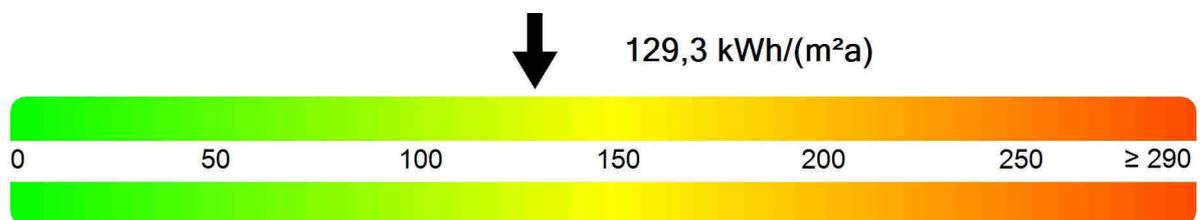
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Fenstererneuerung

### Fenstererneuerung:

Die vorhandenen alten Fenster sollten entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) ausgetauscht werden. Der aktuelle Uw-Wert beträgt 1,3 W/m<sup>2</sup>K. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung wird der rechnerische Uw-Wert um ca. 30 % gegenüber der aktuellen EnEV gesenkt. In dieser Simulation wird daher ein Uw-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	SV2: Fenstererneuerung	
	Wert	Einheit
<b>Wirtschaftlichkeit</b>		
<b>Kenndaten</b>		
Investition	125.007	€
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	189	m <sup>2</sup>
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	660	€/m <sup>2</sup>
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.317	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	25.373	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	1.945	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	7	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	297.689	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	130	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	274.547	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	120	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	23.142	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	8	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>	80.785	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	75.203	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	5.583	kg/a

Sanierungsvariante		SV2: Fenstererneuerung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		6,9	%
Nutzungsdauer		40	a
dynamische Amortisation		39	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,14	€/kWh

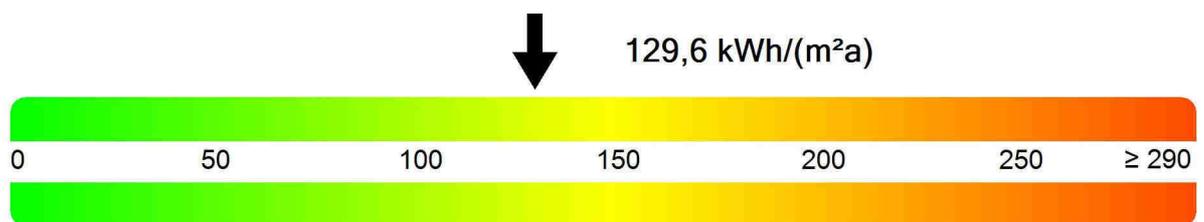
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

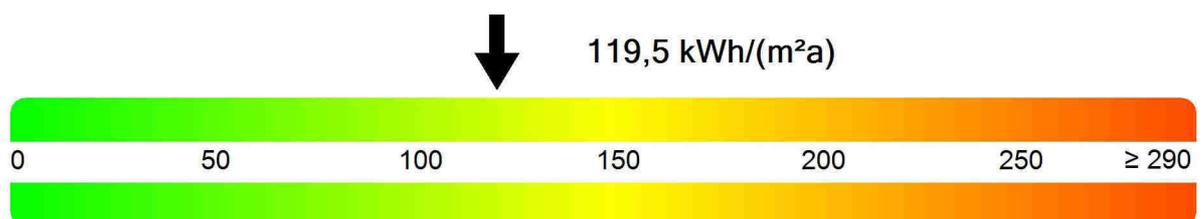
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.6 SV3: Hohlraumdämmung der AW

### Außenwanddämmung durch Hohlraumdämmung:

Als Alternative zur Innenwanddämmung besteht die Möglichkeit, bei einer ausreichend starken Luftschicht zwischen Hintermauerung und Klinker, einer Hohlraumdämmung. Hierfür sollte eine Mauerwerksuntersuchung mittels Endoskop vorgenommen werden. Für die Simulation wird eine Luftschicht von 4 cm zugrunde gelegt. Durch das Verfüllen dieser Luftschicht könnte der U-Wert erheblich verbessert werden. Für die Berechnung wird daher ein U-Wert von 0,7 W/m<sup>2</sup>K angesetzt.

Sanierungsvariante		SV3: Hohlraumdämmung der AW	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	21.983	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	999,2 189,4	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	22,00 660,00	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.317	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	22.433	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	4.884	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	18	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	297.689	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	130	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	239.722	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	104	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	57.968	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	19	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	80.785	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	66.743	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	14.042	kg/a	

Sanierungsvariante		SV3: Hohlraumdämmung der AW	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		17,4	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		5	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,01	€/kWh

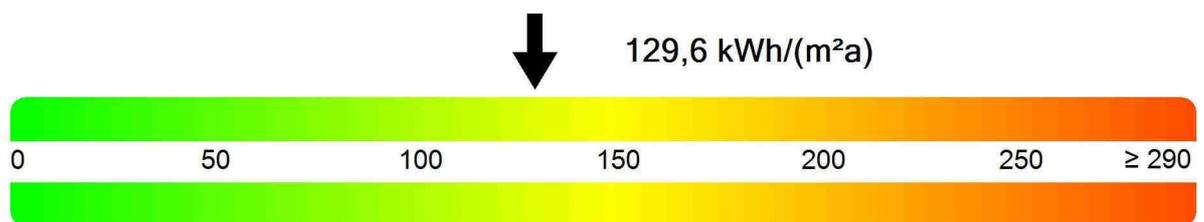
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

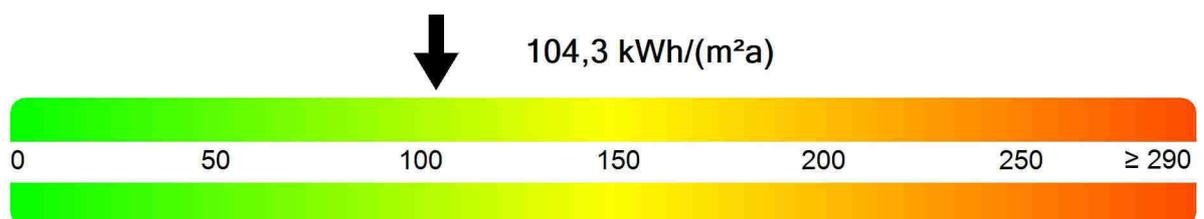
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.7 SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV2 und SV3

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV2: Fenstererneuerung
- SV3: Hohlraumdämmung der AW

zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV2 und SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	146.990	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	189,4 999,2	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	660,00 22,00	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.317	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	20.485	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	6.832	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	25	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	297.689	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	130	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	216.554	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	94	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	81.135	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	27	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	80.785	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	61.147	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	19.638	kg/a	

Sanierungsvariante		SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV2 und SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		24,3	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		18	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,04	€/kWh

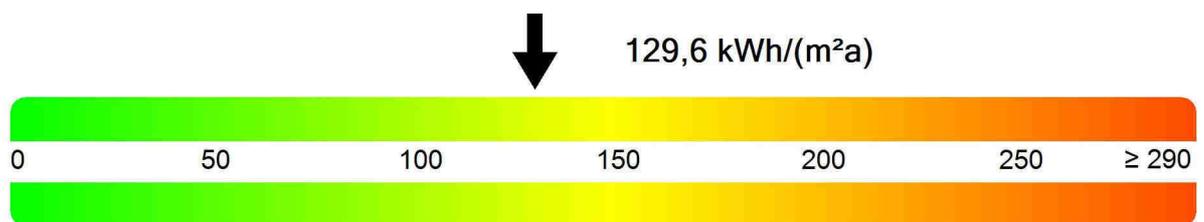
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

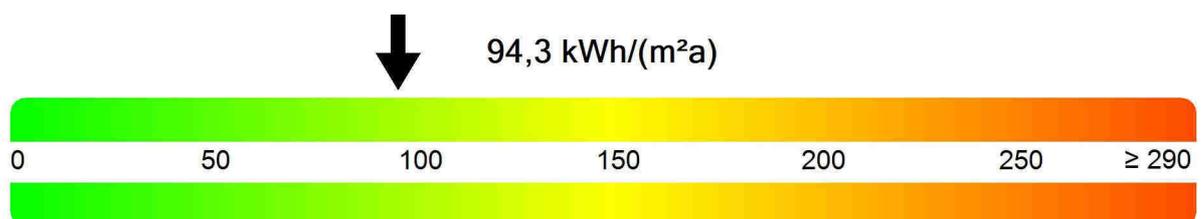
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.8 SV5: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Installation eines Durchlauferhitzers
- SV2: Fenstererneuerung
- SV3: Hohlraumdämmung der AW

zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV5: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	150.840	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.317	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	20.348	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	6.969	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	26	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	297.689	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	130	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	215.704	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	94	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	81.985	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	28	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)</sup> ) <sup>2)</sup>	80.785	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	61.221	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	19.564	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	24,2	%	
Nutzungsdauer	45	a	
dynamische Amortisation	18	a	

Sanierungsvariante		SV5: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,04	€/kWh

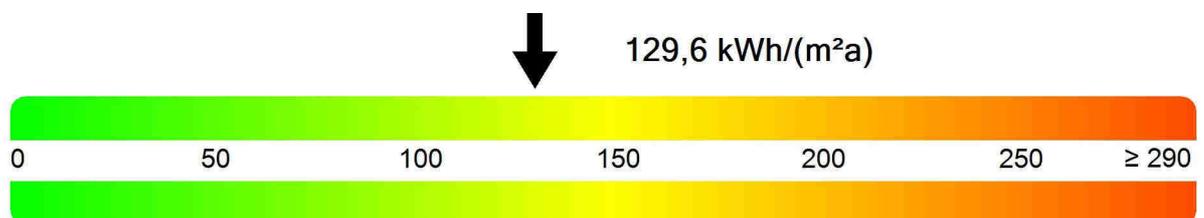
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

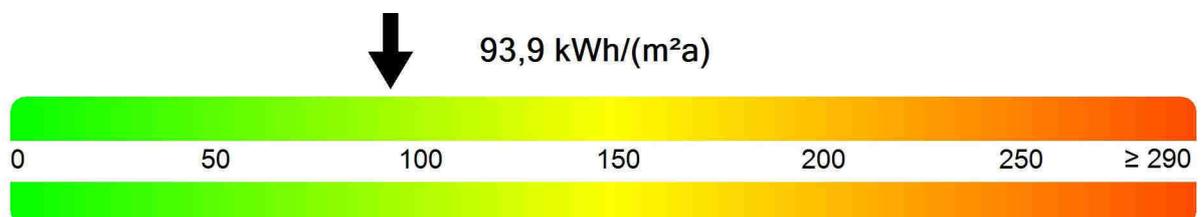
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:** Gebäude D  
Mommsen Straße 13  
23843 Bad Oldesloe

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	12
2.4 Wärmebrücken .....	15
2.5 Dachbegrünung .....	15
2.6 Anlagentechnik .....	17
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	26
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	26
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	27
2.7.3 Emissionen .....	29
2.8 Gebäudebetrachtung .....	30
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	30
2.8.2 Energiekosten .....	31
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	31
3 Sanierungsvarianten .....	32
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	32
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	33
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	33
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	35
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	36
4.4 SV1: Beleuchtungssanierung .....	37
4.5 SV2: Fenstererneuerung .....	39
4.6 SV3: Hohlraumdämmung der Außenwände .....	41
4.7 SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3 .....	43
4.8 SV5: Photovoltaikanlage .....	45

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht des Gebäudes D der Kreisverwaltung wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 des Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde an Hand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie an Hand 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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Verwaltung
Baujahr	1962
Baujahr des Wärmeerzeugers	2010
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	10.484,0
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	3.758,6
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	3.625,2
Anzahl der Geschosse	5
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreis Stormarn Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton
Kellerdecke	Stahlbeton
Geschossdecken	Stahlbeton
oberste Geschossdecke	Holzbalkendecke
Außenwand	Zweischaliges Mauerwerk mit äußerer Verblendung
Dach	Sparrendach, teilweise gedämmt
Fenster	Neu Bj. 2013 3-fach Verglasung

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 2: Haupteingang Gebäude D Nordseite



Bild 3: Nordseite Gebäude D



Bild 4: Westgiebel Gebäude D



Bild 5: Südseite Gebäude D



Bild 6: Westseite mit der Südfassade des nördlichen Querbaues am Gebäude D



Bild 7: Westseite Gebäude D



Bild 8: Südgiebel Gebäude D



Bild 9: Ostseite des Gebäudes D



Bild 10: Heizungsraum mit Fernwärmeanschluss



Bild 11: Sitzungsraum im Dachgeschoss

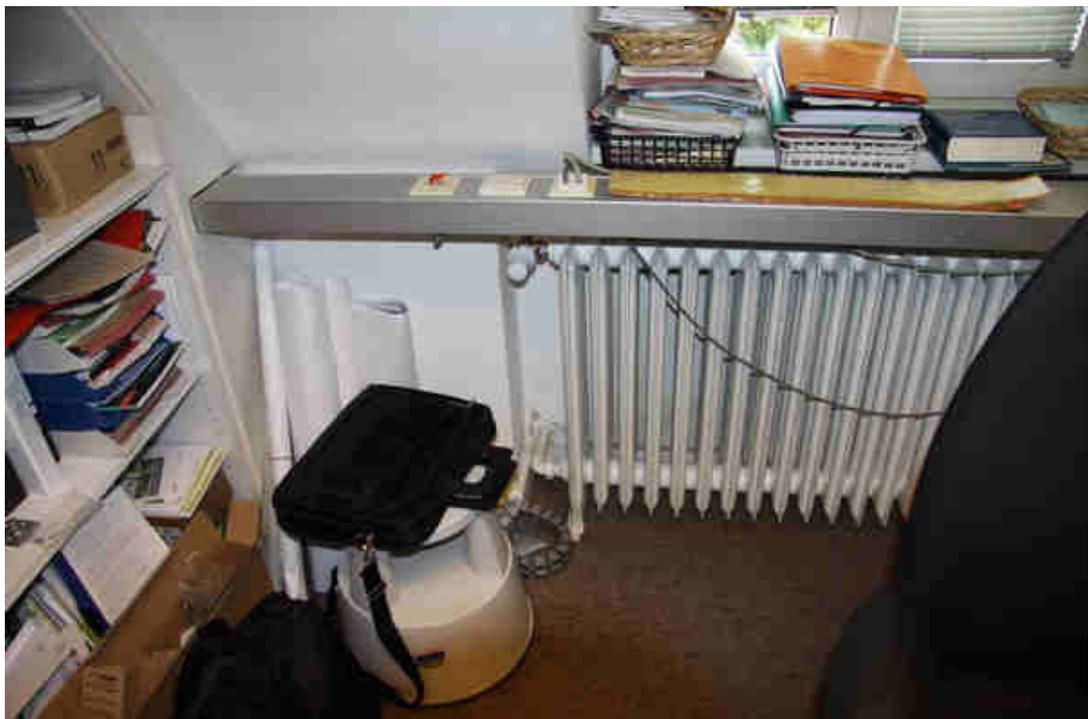


Bild 12: Typischer Heizkörper für die Beheizung eines Büroraumes



Bild 13: Aktenlager im Dachraum

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf. Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Kellerboden	978,62	978,62	1,40	0,30	--
Kellerwand (unterirdisch) W 2	8,50	8,50	1,40	0,30	--
Kellerwand (unterirdisch) S 1	28,22	28,22	1,40	0,30	--
Kellerwand (unterirdisch) N 2	28,22	28,22	1,40	0,30	--
Kellerwand (unterirdisch) W 3	98,87	98,87	1,40	0,30	--
Kellerwand (unterirdisch) S 1	20,83	20,83	1,40	0,30	--
Kellerwand (unterirdisch) N 2	20,83	20,83	1,40	0,30	--
Kellerwand (unterirdisch) O	126,15	126,15	1,40	0,30	--
Kellerwand (oberirdisch) W 2	20,76	18,87	1,24	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 0,50*1,26 Br. 0,83 KG		1,89	0,90	1,30	--
Kellerwand (unterirdisch) W 1	6,52	6,52	1,30	0,30	--
Kellerwand (oberirdisch) S 1	28,22	22,87	1,24	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,02*1,26 Br. 0,83 KG		3,86	0,90	1,30	--
Alu- oder Stahlfenster Baualtersklasse bis 1978 KG 1,0*0,5 BR 1,31		1,50	4,3	1,30	--
Kellerwand (oberirdisch) N 2	28,22	22,87	1,24	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,02*1,26 Br. 0,83 KG		3,86	0,90	1,30	--
Alu- oder Stahlfenster Baualtersklasse bis 1978 KG 1,0*0,5 BR 1,31		1,50	4,3	1,30	--
Kellerwand (oberirdisch) W 1	2,67	2,67	1,24	0,24	(1,00)
Kellerwand (oberirdisch) W 3	40,49	31,92	1,24	0,24	(1,00)

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Alu- oder Stahlfenster Baualtersklasse bis 1978 KG 1,0*0,5 BR 1,31		6,00	4,3	1,30	--
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,02*1,26 Br. 0,83 KG		2,57	0,90	1,30	--
Kellerwand (oberirdisch) S 1	8,53	8,53	1,24	0,24	(1,00)
Kellerwand (oberirdisch) N 2	8,53	8,53	1,24	0,24	(1,00)
Kellerwand (oberirdisch) O	51,67	42,67	1,24	0,24	(1,00)
1 Alu- oder Stahlfenster Baualtersklasse bis 1978 KG 1,0*0,5 BR 1,31 Lager		9,00	4,3	1,30	--
Außenwand N 1	151,44	115,75	1,24	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,48*2,09 Br. 0,83 EG		18,56	0,90	1,30	--
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,48*1,93 Br. 0,83 1.OG		17,14	0,90	1,30	--
Außenwand N 2	78,78	55,45	1,24	0,24	(1,00)
Verglaste Haupt-Eingangstür 1,55*3,175 Alu EG		9,86	1,5	1,30	--
Verglaste Haupt- Eingangsfassade 1,54*3,175 Alu EG		4,90	1,5	1,30	--
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,48*1,93 Br. 0,83 1.OG		8,57	0,90	1,30	--
Außenwand O	477,08	375,78	1,24	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,40*2,09 Br. 0,83 EG		52,67	0,90	1,30	--
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,40*1,93 Br. 0,83 1.OG		48,64	0,90	1,30	--
Außenwand S 1	151,44	117,17	1,24	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,48*1,93 Br. 0,83 EG		17,14	0,90	1,30	--
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,48*1,93 Br. 0,83 1.OG		17,14	0,90	1,30	--
Außenwand S 2	78,78	67,38	1,24	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,48*2,09 Br. 0,83 EG		3,09	0,90	1,30	--
Verglaste Eingangstür 1,03*2,08 Alu EG		2,14	1,5	1,30	--

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 0,5*0,91 Br. 0,83 EG		0,46	0,90	1,30	--
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,48*1,93 Br. 0,83 1.OG		5,71	0,90	1,30	--
Außenwand W 1	24,67	24,67	1,24	0,24	(1,00)
Außenwand W 2	78,49	60,65	1,24	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,48*2,09 Br. 0,83 EG		9,28	0,90	1,30	--
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,48*1,93 Br. 0,83 1.OG		8,57	0,90	1,30	--
Außenwand W 3	373,91	336,47	1,24	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,40*1,93 Br. 0,83 EG		32,42	0,90	1,30	--
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 0,5*0,91 Br. 0,83 EG		0,46	0,90	1,30	--
Verglaste Eingangstür 1,51*2,135 Alu		3,23	1,5	1,30	--
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,33*1,0 Br. 0,83		1,33	0,90	1,30	--
Dachfläche N 1	76,95	70,59	0,80	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,06*1,2 DG Br. 0,62		6,36	0,90	1,40	--
Dachfläche O	236,20	218,39	0,80	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,06*1,2 DG Br. 0,62		17,81	0,90	1,40	--
Dachfläche S 1	76,95	70,59	0,80	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,06*1,2 DG Br. 0,62		6,36	0,90	1,40	--
Dachfläche W 1	11,39	11,39	0,80	0,24	(1,00)
Dachfläche W 2	192,25	174,44	0,80	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,06*1,2 DG Br. 0,62		17,81	0,90	1,40	--
Walmfläche N 1	37,04	35,76	0,80	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,06*1,2 DG Br. 0,62		1,27	0,90	1,40	--
Walmfläche S 1	37,04	34,49	0,80	0,24	(1,00)

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,06*1,2 DG Br. 0,62		2,54	0,90	1,40	--
Walmfläche W 1	36,90	34,36	0,80	0,24	(1,00)
Verbundrahmen Alu-Holz mit 3-fach-Verglasung 1,06*1,2 DG Br. 0,62		2,54	0,90	1,40	--
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>3.625,17</b>			

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

**Vorteile:**

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*
- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

**Nachteile:**

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

An dem bewerteten Gebäude ist eine Begrünung der Dachflächen auf Grund der Dachform nicht möglich oder nur mit einem hohen Kostenaufwand umzusetzen.

## 2.6 Anlagentechnik

<b>Beheizung</b>																															
<p>In dem betrachteten Gebäude gibt es einen Nah- / Fernwärmeanschluss, welcher im Heizungsraum des teilweise beheizten Kellers untergebracht ist. Es bestehen mehrere Heizkreise.</p> <p><b>Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung</b></p> <p>Wärmeerzeugungseinheit 1</p> <table border="1"> <tr> <td>Anzahl Erzeuger</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Art des Systems</td> <td>indirekt</td> </tr> <tr> <td>Geometrie</td> <td>wird vom Gebäude übernommen</td> </tr> </table> <p>1. Nah-/Fernwärme 1</p> <table border="1"> <tr> <td>Erzeuger</td> <td>Nah-/Fernwärme</td> </tr> <tr> <td>Baujahr</td> <td>1997</td> </tr> <tr> <td>Art des Erzeugers</td> <td>Wasser - niedrige Temperatur</td> </tr> <tr> <td>Umgebung</td> <td>innerhalb Zone</td> </tr> <tr> <td>Zone</td> <td>Gebäude</td> </tr> <tr> <td>Energieträger</td> <td>Nah/Fernwärme aus Heizwerken - erneuerbarer Brennstoff</td> </tr> <tr> <td>benutzerdefinierter Primärenergiefaktor [-]</td> <td>0,10</td> </tr> </table> <p><b>Details</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Vor-/Rücklauftemperatur [°C]</td> <td>90,0/702,0</td> </tr> <tr> <td>Betriebsweise bei mehreren Prozessbereichen</td> <td>Vorrangbetrieb</td> </tr> <tr> <td>Dämmklasse Sekundär-/Primärseite</td> <td>Sekundär 4, Primär 5</td> </tr> <tr> <td>Regelung innerhalb der Station</td> <td>nein</td> </tr> <tr> <td>Nennleistung Fernwärmehausstation [kW]</td> <td>219,00</td> </tr> </table> <p>Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind neueren Datums und sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht weitestgehend dem heutigen Stand der Technik.</p> <p>Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.</p> <p>Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung der wärmeversorgenden Anlage zum jetzigen Zeitpunkt nicht sinnvoll.</p> <p>Ein hydraulischer Abgleich ist durchgeführt worden.</p>		Anzahl Erzeuger	1	Art des Systems	indirekt	Geometrie	wird vom Gebäude übernommen	Erzeuger	Nah-/Fernwärme	Baujahr	1997	Art des Erzeugers	Wasser - niedrige Temperatur	Umgebung	innerhalb Zone	Zone	Gebäude	Energieträger	Nah/Fernwärme aus Heizwerken - erneuerbarer Brennstoff	benutzerdefinierter Primärenergiefaktor [-]	0,10	Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	90,0/702,0	Betriebsweise bei mehreren Prozessbereichen	Vorrangbetrieb	Dämmklasse Sekundär-/Primärseite	Sekundär 4, Primär 5	Regelung innerhalb der Station	nein	Nennleistung Fernwärmehausstation [kW]	219,00
Anzahl Erzeuger	1																														
Art des Systems	indirekt																														
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen																														
Erzeuger	Nah-/Fernwärme																														
Baujahr	1997																														
Art des Erzeugers	Wasser - niedrige Temperatur																														
Umgebung	innerhalb Zone																														
Zone	Gebäude																														
Energieträger	Nah/Fernwärme aus Heizwerken - erneuerbarer Brennstoff																														
benutzerdefinierter Primärenergiefaktor [-]	0,10																														
Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	90,0/702,0																														
Betriebsweise bei mehreren Prozessbereichen	Vorrangbetrieb																														
Dämmklasse Sekundär-/Primärseite	Sekundär 4, Primär 5																														
Regelung innerhalb der Station	nein																														
Nennleistung Fernwärmehausstation [kW]	219,00																														

## Warmwasserbereitung

### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

Erzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

#### 1. Elektrowärmeerzeuger 1

Erzeuger	elektrisch beheizter Wärmeerzeuger
Baujahr	2000
Art des Erzeugers	zentral - Speicherung mit integrierter Erzeugung
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Strom-Mix

***Die Warmwasserbereitung des Gebäude D erfolgt über dezentral angeordnete elektrische Untertischgeräte und dient vorrangig der Reinigung.***

## 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 vorrangig über die vorhandenen Fenster und Türen.***

### Anlagentechnik: Lüftung

#### RLT-Luftsystem 1

Betriebsweise	Heiz- und Kühlfunktion
Luftkanaloberfläche außerhalb der thermischen Hülle $A_{K,A}$ [m <sup>2</sup> ]	0,00

#### Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil Wärme	Deckungsanteil Kälte
RLT-Einheit 1	1,00	1,00

#### Übergaben

Zone	Deckungsanteil	Nutzungsgrad Übergabe Wärme	Nutzungsgrad Übergabe Kälte
Gebäude	1,00	0,90 (Standardwert)	

### Anlagentechnik: Klima

#### Kälteerzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Art des Kältesystems	Direktverdampfung (direktes System)
Vor-/Rücklauftemperatur Primärkreis [°C]	6,0/12,0
Geometrie	
Anzahl der Geschosse	1
Geschosshöhe [m]	3,00
charakteristische Breite [m]	11,08
charakteristische Länge [m]	7,13
Kältespeicher vorhanden	nein

#### 1. Kälteerzeuger 1

Baujahr	2015
Art der Kälteerzeugung	Kompressionskältemaschine
Art der Kühlung	Raumklimasystem
Art des Raumklimasystems	VRF-Systeme mit variablem Kältemittelmassestrom
Freie Kühlung	keine freie Kühlung

#### Kühlkreis 1

Art des Systems	direkt
-----------------	--------

**Erzeugereinheiten**

Einheit	Deckungsanteil
Kälteerzeugereinheit 1	1,00

**Übergabe 1: Übergabe 1**

Art der Sekundärluftventilatoren	keine Sekundärluftventilatoren
Energiebedarfsfaktor der Ventilatoren [kWh/kWh]	0,00 (Standardwert)
Nutzungsgrad Kälteübergabe an den Raum - Luftführung Kühlen [-]	0,00 (Standardwert)
Nutzungsgrad Wärmeübergabe an den Raum - Luftführung Heizen [-]	0,00 (Standardwert)

**Zonenzuordnungen**

Zone	Deckungsanteil
Gebäude	1,00

**In dem Gebäude ist eine Kälteerzeugungsanlage vorhanden. Diese Anlage wird zur Kühlung der Serverlandschaft im Gebäude, wie auch für die nahegelegenen kreiseigenen Gebäude genutzt.**

**Beleuchtung**

In dem betrachteten Gebäude befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{\text{Lampe}}$  bis zu 58W sowie mit konventionellem wie auch elektronischen Vorschaltgeräten [KVG, EVG].

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

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

**Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verkehrsfläche**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	843,57 (22,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{\text{TL}}$ [m <sup>2</sup> ]	46,18
Fläche ohne Tageslicht $A_{\text{kTL}}$ [m <sup>2</sup> ]	797,39

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 2: Z2 Gruppenbüro**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	1.518,66 (40,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	651,57
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	867,09

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 3: Z3 Besprechung, Sitzung, Seminar**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	158,70 (4,2 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	152,67
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	6,03

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 4: Z4 WC, Sanitär**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	79,78 (2,1 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,92
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	77,85

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 5: Z5 Sonstige Aufenthaltsräume**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	90,88 (2,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	20,87
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	70,01

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 6: Z6 Serverraum, Rechenzentrum**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	53,80 (1,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	8,05
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	45,75

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 7: Z7 Lager, Technik, Archiv**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	1.013,24 (27,0 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	101,95
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	911,29

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

## Einstufung von Solar und Photovoltaik

### **Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung**

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient der Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

### **Erläuterung, warum die solare Nutzung sinnvoll/nicht sinnvoll ist.**

Eine Nutzung von Solarenergie für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung ist möglich. Sinnvoll ist die Nutzung für dieses Gebäude nicht, da die Heizenergie im Sommer nicht benötigt wird und der Ertrag in der Heizperiode, auf Grund der geringeren Sonneneinstrahlung zu gering wäre. Auch der geringe Warmwasserverbrauch in einem Verwaltungsgebäude macht die Installation einer Solaranlage unwirtschaftlich.

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2019 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative bzw. solare Stromerzeugung, wird die reine wirtschaftliche Betreibung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieser lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich), wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2019, ermittelt werden. Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

#### **Erläuterung, warum die solare Nutzung sinnvoll/nicht sinnvoll ist.**

Eine Nutzung von Solarenergie durch eine Photovoltaikanlage ist für dieses Gebäude möglich und durch den Eigenverbrauch des erzeugten Stroms sinnvoll.

## 2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen

### 2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

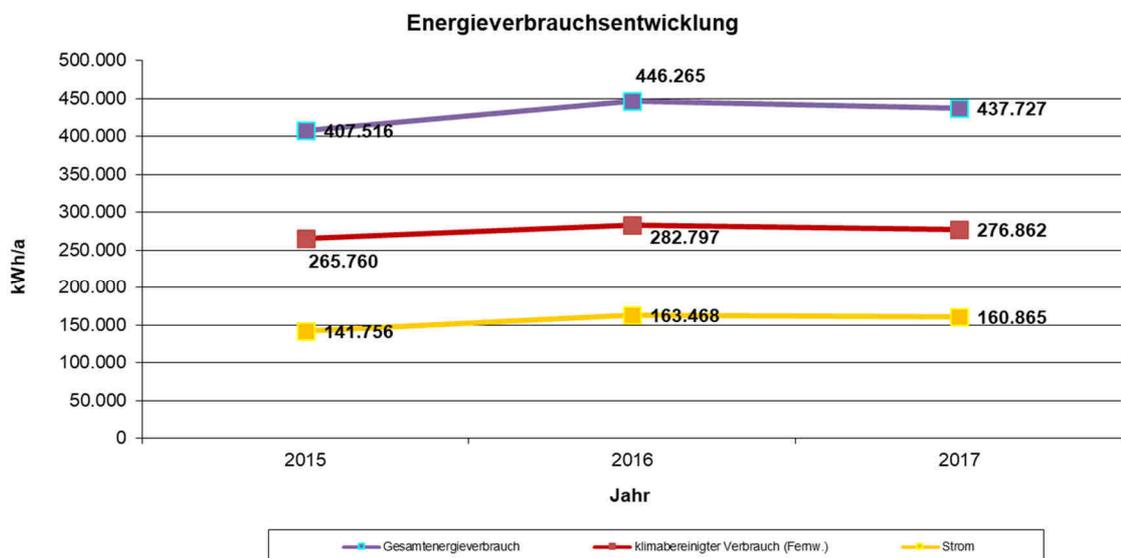
- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der letzten drei Jahre wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen. Der Stromverbrauch wird für 4 Gebäude über einen Stromzähler erfasst. Der Gesamtverbrauch wird an Hand der Flächenaufteilung prozentual dem Gebäude D zugeordnet.

## Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	Heizung (Fernw.) [kWh/a]	Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	Klimabereinigter Verbrauch (Fernw.) [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	Wasser [m³/a]
2015	258.019	1,03	265.760	141.756	407.516	527
2016	274.560	1,03	282.797	163.468	446.265	501
2017	263.678	1,05	276.862	160.865	437.727	500
<b>Mittelwert:</b>	<b>265.419</b>		<b>275.139</b>	<b>155.363</b>	<b>430.502</b>	<b>509</b>

### Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



## 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Ziel- und Grenzwerte sind ermittelte Kennwerte der ages Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse mbH, Münster (Werte von 2005);

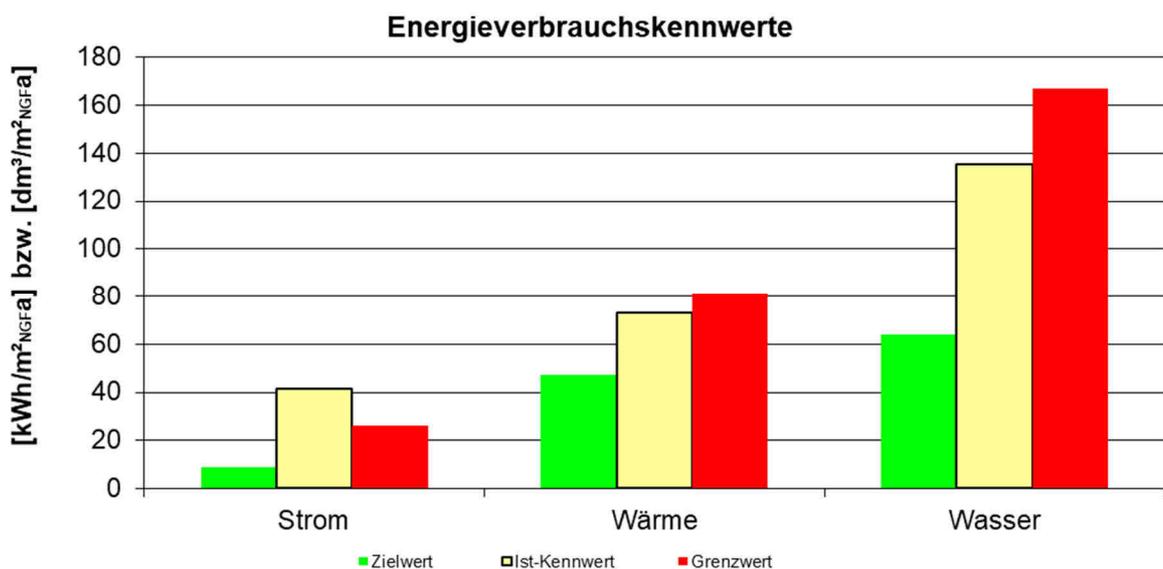
Zielwert: Unterer Quartilsmittelwert (arithmetisches Mittel der unteren 25 % aller Verbrauchsdaten (Gebäuden mit niedrigstem Energieverbrauch);

Grenzwert: Arithmetisches Mittel (Summe aller Einzelwerte geteilt durch die Summe aller Flächen)

Verwaltungsgebäude	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	9	41	26
Wärme	47	73	81
Wasser	64	136	167

Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreis Stormarn

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



### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren des Kreises Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2018 errechnet.

<b>Energieträger</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor [g/kWh]</b>	<b>Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]</b>
Erdgas	245	0	0
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	263678	23.204
Strom	497	160865	79.950
Summe:		424.543	103.154

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>99,13</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>1,14</b>
spez. Endenergiebedarf Kühlung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>1,8</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>3,03</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>6,36</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser + Kühlung + Lüftung)</b>	<b>105</b>

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

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und, bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen, unbedingt zu berücksichtigen.

→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe des Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
05 Gebäude D Fernwärme	kWh	0,084	1,50	241,0
01 Gebäude D Strom-M	kWh	0,211	3,00	584,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Beleuchtungssanierung

SV2: Fenstererneuerung

SV3: Hohlraumdämmung der Außenwände

SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3

SV5: Photovoltaikanlage

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

Parameter	Ausgangsfall	SV1: Beleuchtungs- sanierung	SV2: Fenster- erneuerung	SV3: Hohlraum- dämmung der Außen- wände	SV4: Gemein- same Umsetzung von SV1 bis SV3	SV5: Photovoltaik- anlage
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	132.211	11.880	36.266	180.356	32.340
Nutzungsdauer [a]	-	30	40	45	45	20
dynamische Amortisation [a]	-	70	21	4	13	10
Kosten/ Nutzen- Faktor [€/kWh]	-	9,79	0,06	0,01	0,03	0,104
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>4)</sup>	41.121	40.810	40.687	29.935	28.832	37.849
Energiekostener- sparnis im ersten Jahr [€/a]	-	311	434	11.187	12.289	3.272
prozentuale Energiekostener- sparnis im ersten Jahr [%]	-	1	1	27	30	8,0
jährlicher Endenergiebeda- rf [kWh/a]	418.942	418.749	413.882	283.607	274.070	403.436
jährliche Endenergieeins- parung [kWh/a]	-	193	5.060	135.335	144.872	15.506
prozentuale Endenergieeins- parung [%]	-	0	1	32	35	3,7
jährlicher Primärenergiebe- darf [kWh/a]	149.291	143.928	148.618	139.046	132.626	121.380
jährliche Primärenergieei- nsparung [kWh/a]	-	5.363	673	10.246	16.665	27.912
prozentuale Primärenergieei- nsparung [%]	-	4	0	7	11	18,7
jährliche CO <sub>2e</sub> - Emissionen [kg/a]	116.981	116.138	115.737	84.856	81.742	107.925
jährliche CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [kg/a]	-	843	1.244	32.125	35.239	9.056

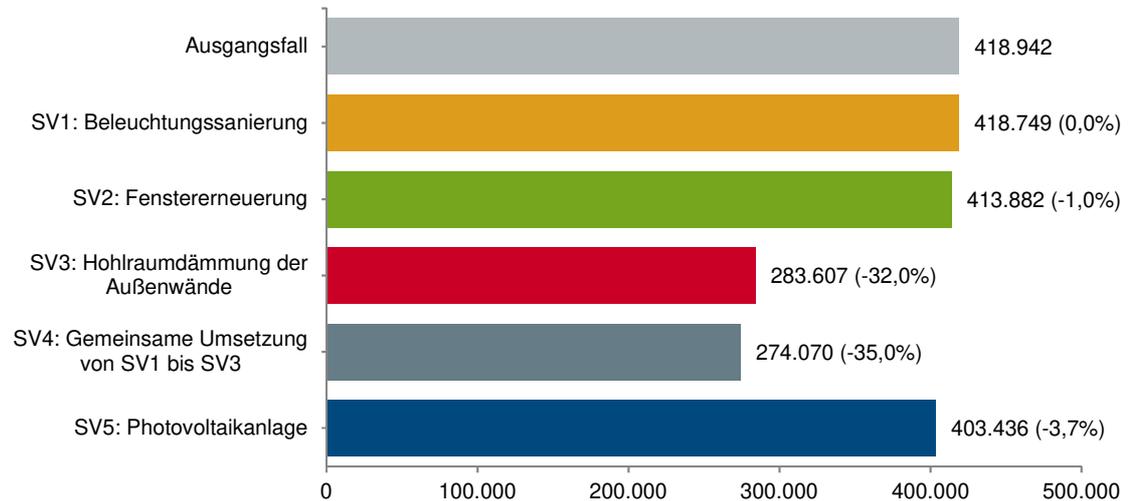
<sup>4)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

Parameter	Ausgangsfall	SV1: Beleuchtungs- -sanierung	SV2: Fenster- erneuerung	SV3: Hohlraum- dämmung der Außen- wände	SV4: Gemein- same Umsetzung von SV1 bis SV3	SV5: Photovoltaik- anlage
prozentuale CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [%]	-	0,7	1,1	27,5	30,1	7,7

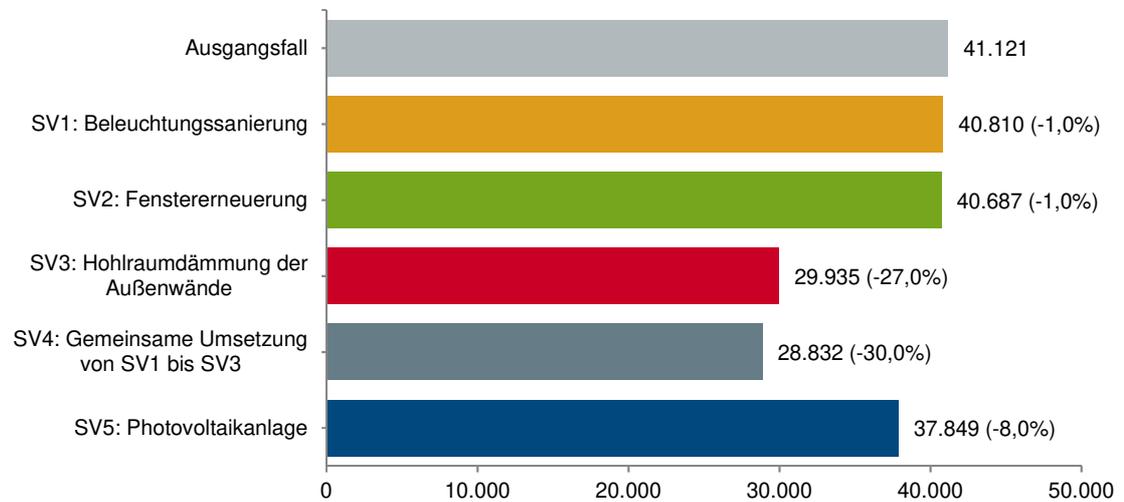
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



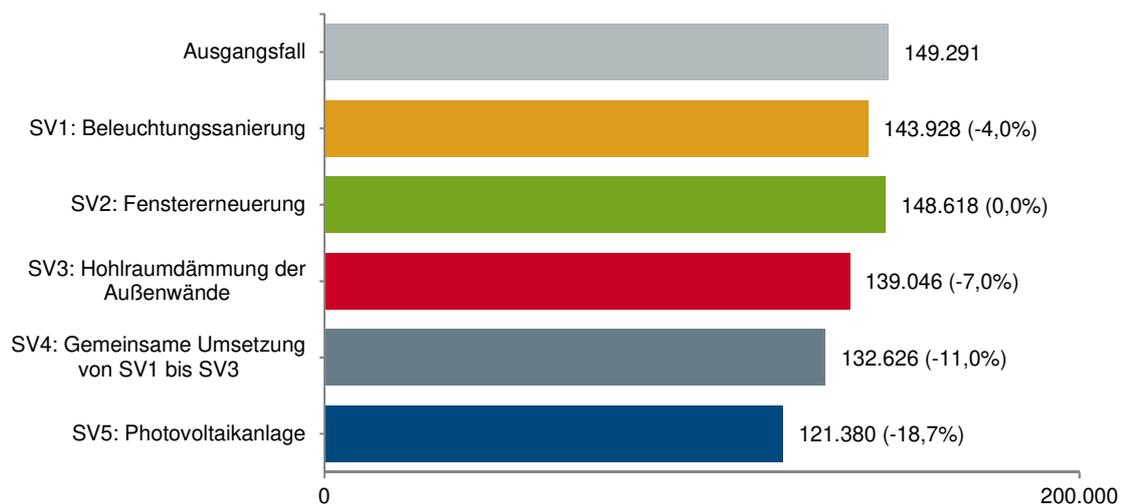
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

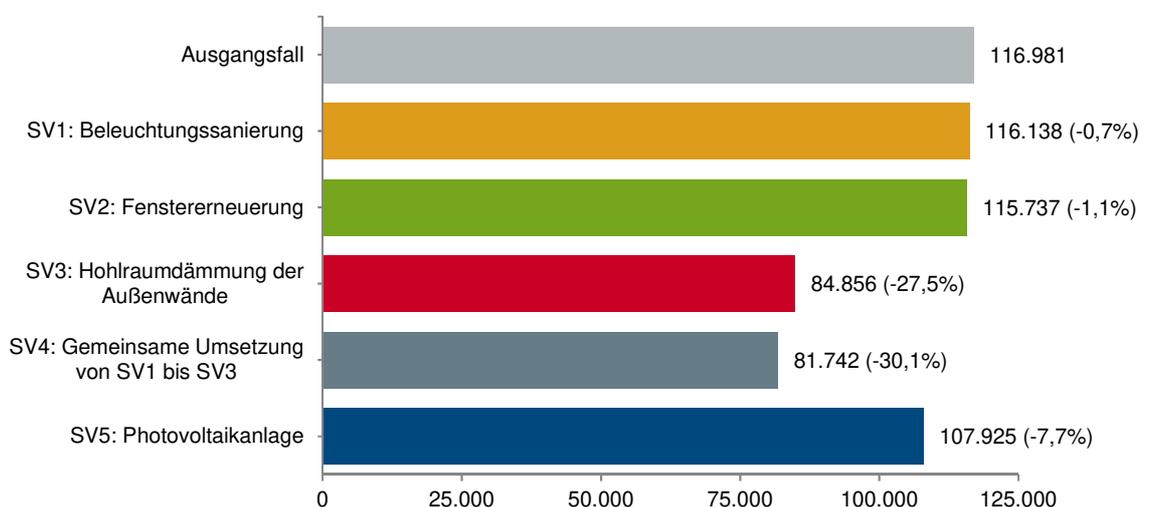
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Beleuchtungssanierung

### Beleuchtungssanierung:

In dieser Sanierungsvariante wird die vorhandene Beleuchtung erneuert. Teilweise ist die Beleuchtung schon auf T5-Beleuchtung umgestellt. In den Räumen mit alten Beleuchtung wird eine moderne LED-Beleuchtung installiert.

Sanierungsvariante Wirtschaftlichkeit Kenndaten	SV1: Beleuchtungssanierung	
	Wert	Einheit
Investition	132.211	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	41.121	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	40.810	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	311	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	1	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	418.942	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	111,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	418.749	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	111,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	193	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	0	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	116.981	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	116.138	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	843	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	0,7	%
Nutzungsdauer	30	a
dynamische Amortisation	70	a

Sanierungsvariante		SV1: Beleuchtungssanierung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		9,79	€/kWh

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

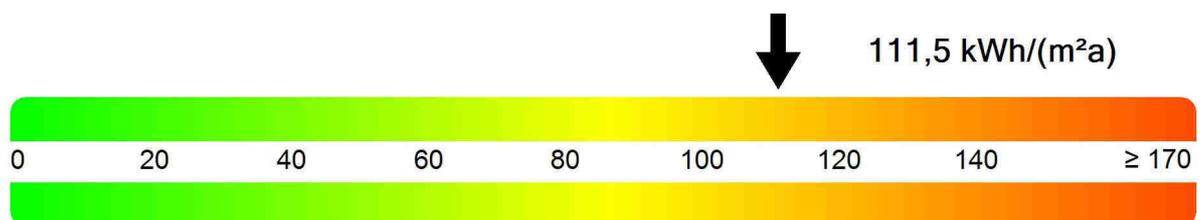
<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

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

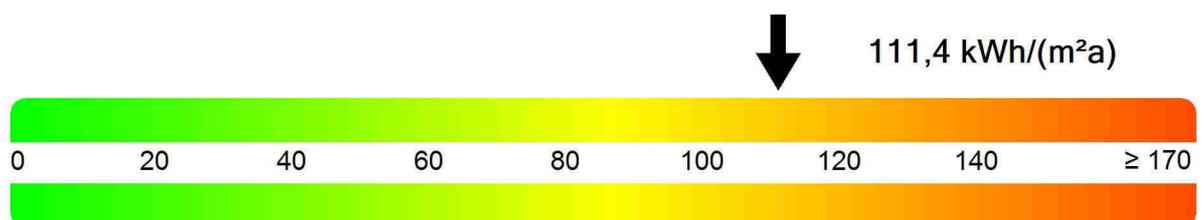
**\* Anmerkung: In dieser Sanierungsmaßnahme werden ca. 2.200 kWh/a an Beleuchtungsstrom eingespart. Gleichzeitig erhöht sich, bedingt durch den Wärmeentzug durch die Beleuchtung, der Heizwärmebedarf für die Heizung. Entscheidend ist aber die Primärenergieeinsparung sowie die Einsparung bei den Gesamtenergiekosten auf Grund der unterschiedlichen Strom- und Wärmekosten.**

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Fenstererneuerung

### Fenstererneuerung:

Die vorhandenen alten Fenster sollten entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) ausgetauscht werden. Der aktuelle Uw-Wert beträgt 1,3 W/m<sup>2</sup>K. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung wird der rechnerische Uw-Wert um ca. 30 % gegenüber der aktuellen EnEV gesenkt. Jedoch liegen die auszutauschenden Fenster im Kellerbereich, der nur wenig beheizt wird. Daher wäre eine 2-fach Verglasung durchaus vertretbar mit einem Uw-Wert von 1,3 W/m<sup>2</sup>K.

Sanierungsvariante Wirtschaftlichkeit Kenndaten	SV2: Fenstererneuerung	
	Wert	Einheit
Investition	11.880	€
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	18,0	m <sup>2</sup>
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	660,00	€/m <sup>2</sup>
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	41.121	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	40.687	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	434	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	1	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	418.942	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	111,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	413.882	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	110,1	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	5.060	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	1	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	116.981	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	115.737	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	1.244	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	1,1	%
Nutzungsdauer	40	a

Sanierungsvariante		SV2: Fenstererneuerung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
dynamische Amortisation		21	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,06	€/kWh

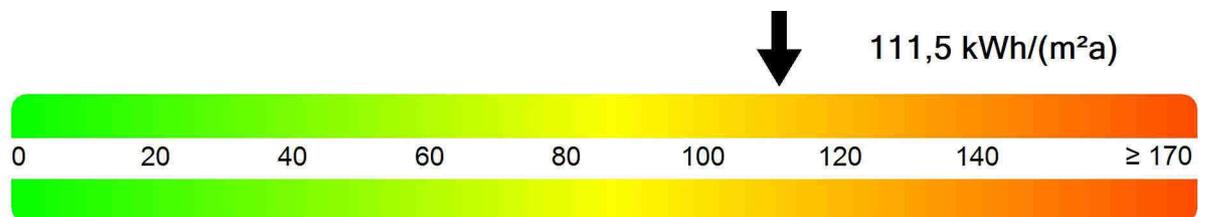
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

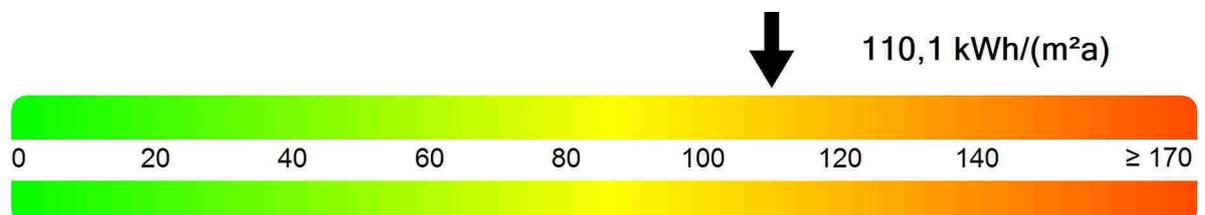
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.6 SV3: Hohlraumdämmung der Außenwände

### Nachträgliche Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung:

Als Alternative zur Innenwanddämmung besteht, bei einer ausreichend starken Luftschicht zwischen Hintermauerung und Klinker, die Möglichkeit einer Hohlraumdämmung. Hierfür sollte eine Mauerwerksuntersuchung mittels Endoskop vorgenommen werden. Für die Simulation wird eine Luftschicht von 4 cm zugrunde gelegt. Durch das Verfüllen dieser Luftschicht könnte der U-Wert erheblich verbessert werden. Für die Berechnung wird daher ein U-Wert von 0,532 W/m<sup>2</sup>K angesetzt.

Sanierungsvariante		SV3: Hohlraumdämmung der Außenwände	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	36.266	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	1.318,8	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	27,50	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	41.121	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	29.935	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	11.187	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	27	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	418.942	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	111,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	283.606,9	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	75,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	135.335	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	32	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	116.981	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	84.856	kg/a	

Sanierungsvariante		SV3: Hohlraumdämmung der Außenwände	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		32.125	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		27,5	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		4	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,01	€/kWh

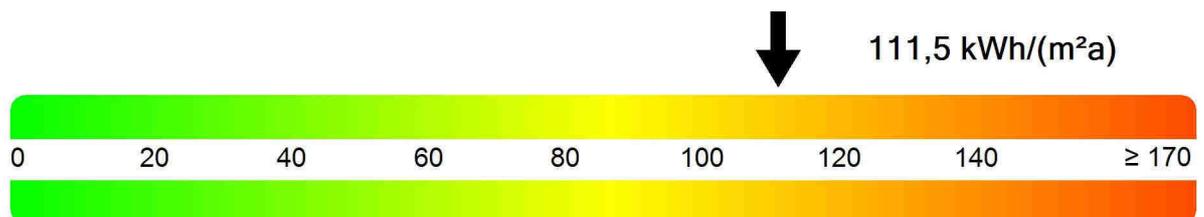
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

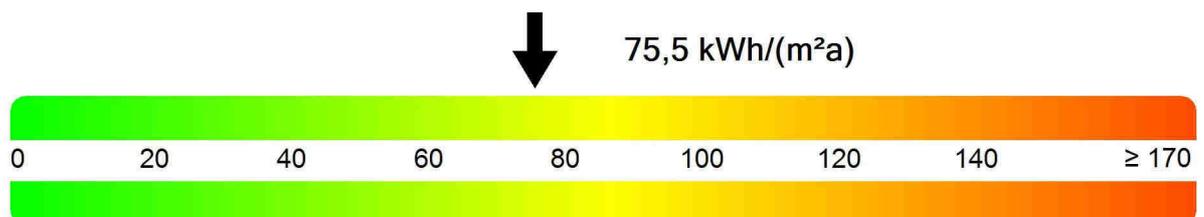
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.7 SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Beleuchtungserneuerung
- SV2: Fenstererneuerung
- SV3: Hohlraumdämmung der Außenwände

zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	180.356	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	41.121	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	28.832	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	12.289	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	30	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	418.942	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	111,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	274.070	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	72,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	144.872	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	35	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	116.981	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	81.742	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	35.239	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	30,1	%	
Nutzungsdauer	45	a	
dynamische Amortisation	13	a	

Sanierungsvariante		SV4: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,03	€/kWh

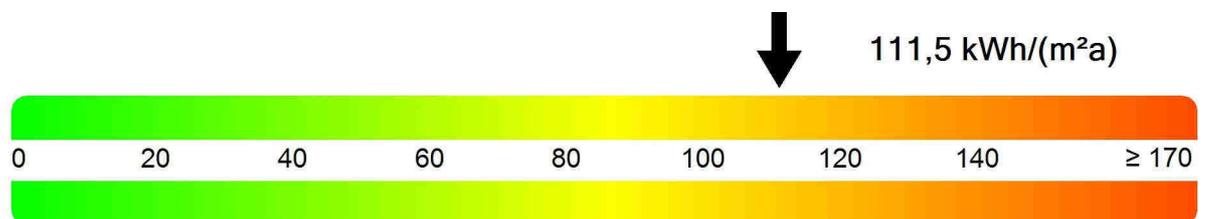
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

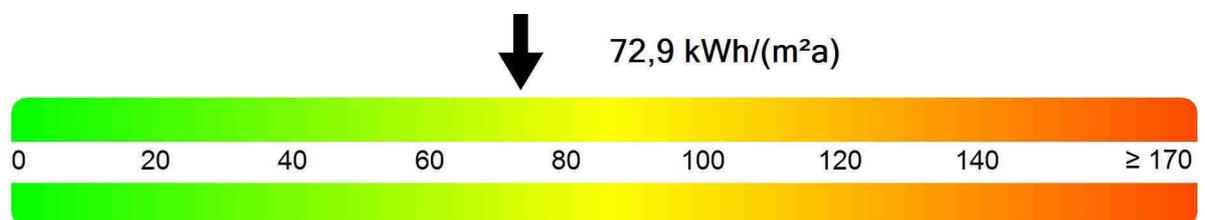
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.8 SV5: Photovoltaikanlage

### Photovoltaikanlage:

Der Stromverbrauch für das Gebäude D liegt bei ca. 138.000 kWh pro Jahr. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden.

Für die Stadt Bad Oldesloe liegt leider kein Solarpotenzialkataster vor. Der nördliche Querbau des Gebäudes D weist eine südliche Dachausrichtung auf. Hier könnte eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von ca. 21 kWp (ca. 160 m<sup>2</sup>) installiert werden. Unter der Voraussetzung, dass das Dach zusätzliche Dachlasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich), wäre die Fläche geeignet.

Sanierungsvariante Wirtschaftlichkeit Kenndaten	SV5: Photovoltaikanlage	
	Wert	Einheit
Investition	32.340	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	41.121	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	37.849	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	3.272	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	8,0%	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	418.942	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	111,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	403.436	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	107,3	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	15.506	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	3,7	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	116.981	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	107.925	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	9.056	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	7,7	%
Nutzungsdauer	20	a
dynamische Amortisation	10	a

Sanierungsvariante		SV5: Photovoltaikanlage	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,104	€/kWh

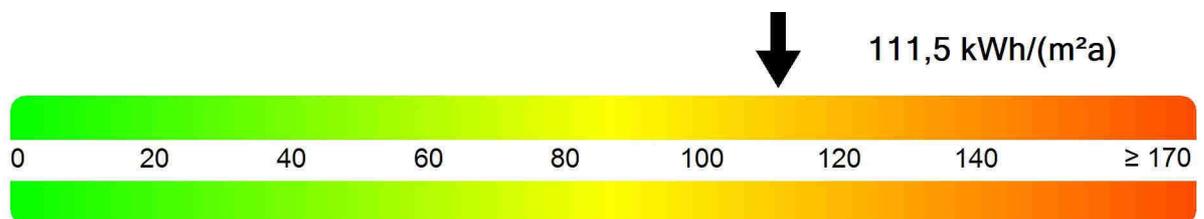
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

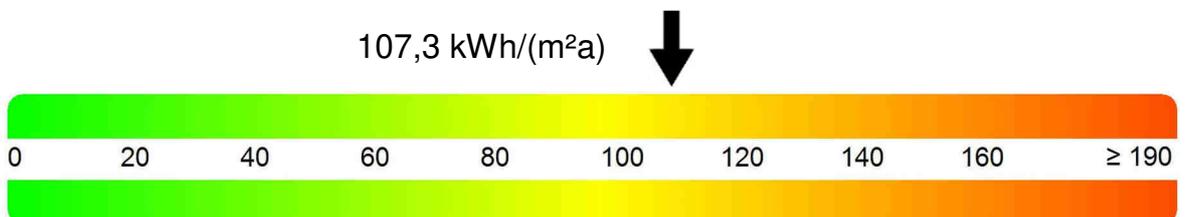
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:** KSTK Gebäude F  
Mommsenstraße 14  
23843 Bad Oldesloe

Greven, 20.03.2020

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	10
2.4 Wärmebrücken .....	11
2.5 Dachbegrünung .....	12
2.6 Anlagentechnik .....	14
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	23
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	23
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	24
2.7.3 Emissionen .....	26
2.8 Gebäudebetrachtung .....	27
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	27
2.8.2 Energiekosten .....	27
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	28
3 Sanierungsvarianten .....	29
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	29
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	30
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	30
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	31
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	32
4.4 SV1: Heizungsoptimierung .....	33
4.5 SV2: Photovoltaikanlage .....	35

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht für das Gebäude F wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 für den Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde anhand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Verwaltung
Baujahr	1995
Baujahr des Wärmeerzeugers	1995
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	9.451,2
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	3.173,1
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	5.167,7
Anzahl der Geschosse	4
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreis Stormarn Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton
Kellerdecke	Stahlbeton teilweise gedämmt
Geschossdecken	Stahlbeton
oberste Geschossdecke	
Außenwand	Mauerwerk gedämmt mit Vormauerziegel
Dach	Flachdach
Fenster	Iso-Verglasung mit Metallrahmen

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Haupteingang an der Westseite



Bild 2: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 3: Eingangshalle mit dem Glasdach



Bild 4: Wärmetauscher der Fernwärme für die Heizenergieversorgung des Gebäudes



Bild 5: Heizungsverteilung



Bild 6: Decken- und Wanddämmung zu den beheizten Räumen neben und über der Tiefgarage



Bild 7: Nordseite des Gebäudes



Bild 8: Ostseite des Gebäudes



Bild 9: Westseite des Gebäudes

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2014

#### Gebäude

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Bodenplatte	999,09	999,09	0,60	0,30
AW gegen Erdreich	130,80	130,80	0,51	0,30
AW gegen Erdreich Tiefgarage	164,65	162,15	0,51	0,30
Fenster 1 Tiefgarage		2,50	1,8	1,30
AW gegen Luft Tiefgarage W	9,42	2,65	0,50	0,24
Rolltor		6,77	3,5	1,80
AW gegen Erdreich mit Wandheizung	126,26	126,26	0,40	0,30
IW Tiefgarage mit Dämmung	86,14	86,14	0,57	0,30
Decke zur Tiefgarage	328,95	328,95	0,37	0,30
AW gegen Luft S	1.593,1 1	1.336,22	0,42	0,24
Fenster 1 EG		72,64	1,8	1,30
Fenster 2 1.OG		72,64	1,8	1,30
Fenster 3 2.OG		91,63	1,8	1,30
Fensterfassade 1 EG Verkehrsfläche		6,66	1,8	1,30
Fensterfassade 2 1.OG Verkehrsfläche		6,66	1,8	1,30
Fensterfassade 3 2.OG Verkehrsfläche		6,66	1,8	1,30
AW gegen Luft W Verkehrsflächen	104,22	0,00	0,00	--
Fensterfassade 1		104,22	1,8	1,30
AW gegen Luft W Besprechung	33,73	0,00	0,00	--
Fensterfassade 1		33,73	1,8	1,30

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
AW gegen Luft W	24,88	24,88	0,42	0,24
AW gegen Luft N	53,68	0,00	0,00	--
Fensterfassade 1		53,68	1,8	1,30
AW gegen Luft N	543,24	373,89	0,42	0,24
Fenstertür 1 Treppenhaus und Flur		3,88	1,8	1,30
Fenster 2 Lagerräume		8,08	1,8	1,30
Fenster 3 EG		38,34	1,8	1,30
Fenster 4 1.OG		58,52	1,8	1,30
Fenster 5 2.OG		60,53	1,8	1,30
AW gegen Luft O	7,92	7,92	0,42	0,24
AW gegen Luft O	16,22	0,00	0,00	--
Fensterfassade 1 Verkehrsfläche		9,65	1,8	1,30
Fensterfassade 2 Büro		2,48	1,8	1,30
Fensterfassade 3 Veranstaltungen		4,10	1,8	1,30
Flachdach	849,94	849,94	0,30	0,20
Glasdach	95,45	95,45	1,80	0,20
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>5.167,71</b>		

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

### Vorteile:

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*
- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

### Nachteile:

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

**Das vorhandene Flachdach ist augenscheinlich in einem guten Zustand, sodass eine Sanierung zu Zeit, auch vom Gesichtspunkt der entstehenden Sanierungskosten, notwendig. Eine Verbesserung des U-Wertes würde zu Energieeinsparung von ca. 11.000 kWh/h führen. Aber so eine Maßnahme wäre ein wegweisender ökologischer Schritt, um das Klima in der Stadt zu verbessern.**

## 2.6 Anlagentechnik

### Beheizung

Das betrachtete Gebäude wird über eine Fernwärmeleitung mit Heizenergie versorgt. Es bestehen fünf Heizkreise.

#### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

Wärmeerzeugungseinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

1. Nah-/Fernwärme 1

Erzeuger	Nah-/Fernwärme
Baujahr	1996
Art des Erzeugers	Wasser - niedrige Temperatur
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Nah/Fernwärme aus Heizwerken - fossiler Brennstoff

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	70,0/55,0
Betriebsweise bei mehreren Prozessbereichen	Vorrangbetrieb
Dämmklasse Sekundär-/Primärseite	Sekundär 4, Primär 5
Regelung innerhalb der Station	nein
Nennleistung Fernwärmehausstation [kW]	189,07 (Standardwert)

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Eine Neuplanung der wärmeerzeugenden Anlage ist zu Zeit nicht sinnvoll. Jedoch der Einbau einer neuen Steuerung wäre sinnvoll.

Ein hydraulischer Abgleich ist längere Zeit nicht durchgeführt worden.

## Warmwasserbereitung

### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

#### Erzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	4
Geometrie	
Anzahl der Geschosse	4
Geschosshöhe [m]	2,89
charakteristische Breite [m]	2,16
charakteristische Länge [m]	12,19

#### 1. Elektrowärmeerzeuger 1

Erzeuger	elektrisch beheizter Wärmeerzeuger
Baujahr	1996
Art des Erzeugers	zentral - Speicherung mit integrierter Erzeugung
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Strom-Mix

***Die Warmwasserbereitung des Gebäudes F erfolgt über dezentral angeordnete elektrische Untertischgeräte und wird vorrangig zu Reinigungszwecken genutzt.***

## 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 ausschließlich über die vorhandenen Fenster und Türen.***

## Beleuchtung

In den betrachteten Gebäuden befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58W sowie mit verlustarmen Vorschaltgeräten [VVG].

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

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

### Beleuchtungsbereich 1: Z1: Verkehrsfläche

Fläche [m <sup>2</sup> ]	965,01 (30,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	396,51
Fläche ohne Tageslicht $A_{kTL}$ [m <sup>2</sup> ]	568,51
lichte Raumhöhe [m]	2,69 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenstertür 1 Treppenhaus und Flur – AW gegen Luft N (2mal)
Fensterfassade 1 EG Verkehrsfläche – AW gegen Luft S
Fensterfassade 2 1.OG Verkehrsfläche – AW gegen Luft S
Fensterfassade 3 2.OG Verkehrsfläche – AW gegen Luft S
Fensterfassade 1 – AW gegen Luft W Verkehrsflächen
Fenster 3 EG – AW gegen Luft N
Fenster 4 1.OG – AW gegen Luft N (3mal)
Fenster 5 2.OG – AW gegen Luft N
Fensterfassade 1 Verkehrsfläche – AW gegen Luft O

**Beleuchtungsbereich 2: Z2: Gruppenbüro 2-6 Pers.**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	812,47 (25,6 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	812,47
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
lichte Raumhöhe [m]	2,69 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1 EG – AW gegen Luft S (30mal)
Fenster 2 1.OG – AW gegen Luft S (33mal)
Fenster 3 2.OG – AW gegen Luft S (31mal)
Fenster 3 EG – AW gegen Luft N (18mal)
Fenster 4 1.OG – AW gegen Luft N (24mal)
Fenster 5 2.OG – AW gegen Luft N (20mal)
Fensterfassade 2 Büro – AW gegen Luft O

**Beleuchtungsbereich 3: Z3: Besprechung, Sitzung, Seminar**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	167,70 (5,3 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	167,70
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
lichte Raumhöhe [m]	2,69 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 1 EG – AW gegen Luft S (6mal)
Fenster 2 1.OG – AW gegen Luft S (3mal)
Fenster 3 2.OG – AW gegen Luft S (5mal)
Fensterfassade 1 – AW gegen Luft W Besprechung
Fensterfassade 1 – AW gegen Luft N
Fenster 4 1.OG – AW gegen Luft N (2mal)
Fensterfassade 3 Veranstaltungen – AW gegen Luft O

### Beleuchtungsbereich 4: Z4: WC, Sanitär

Fläche [m <sup>2</sup> ]	85,08 (2,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	85,08
lichte Raumhöhe [m]	2,69 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 5: Z5: Sonstige

Fläche [m <sup>2</sup> ]	209,60 (6,6 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	209,60
lichte Raumhöhe [m]	2,69 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 6: Z6: Lager, Technik, Archiv**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	604,29 (19,0 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	117,43
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	486,86
lichte Raumhöhe [m]	2,69 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 2 Lagerräume – AW gegen Luft N (8mal)
Fenster 5 2.OG – AW gegen Luft N (9mal)

**Beleuchtungsbereich 7: Z7 Parkhaus**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	328,95 (10,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	15,81
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	313,14
lichte Raumhöhe [m]	2,69 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1 Tiefgarage – AW gegen Erdreich Tiefgarage (2mal)
--

**Einstufung von Solar und Photovoltaik**
**Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung**

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet.

Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

Eine Nutzung von Solarenergie für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung ist möglich. Sinnvoll ist die Nutzung aber für den untersuchten Gebäudetyp und der bestehenden Wärmeversorgung nicht.

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2020 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreibung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2020, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**Eine Nutzung von Solarenergie durch eine Photovoltaikanlage ist bei den zu Verfügung stehenden Dachflächen möglich. Eine maximale Ausnutzung der Dachfläche, um noch die höchste Einspeisevergütung zu bekommen, liegt bei maximal 40 kWp.**

## **2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen**

### **2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

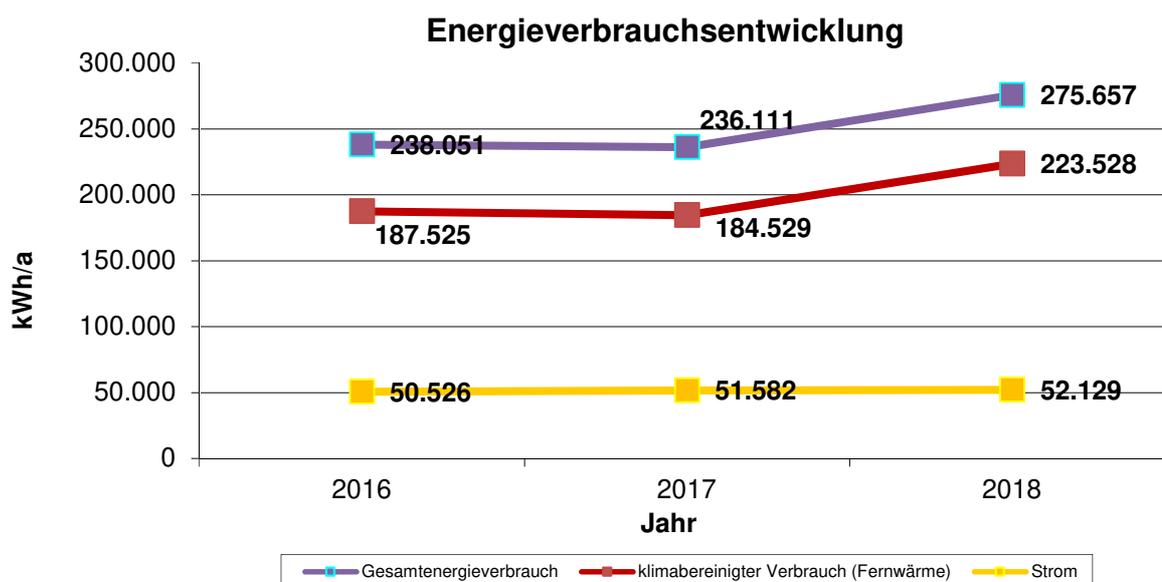
- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre 2016 bis 2018 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

### Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	Heizung (Fernwärme) [kWh/a]	Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	Klimabereinigter Verbrauch (Fernwärme) [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	Wasser [m³/a]
2016	182.063	1,03	187.525	50.526	238.051	461
2017	179.154	1,03	184.529	51.582	236.111	453
2018	176.006	1,27	223.528	52.129	275.657	434
Mittelwert:	179.074		198.527	51.412	249.939	449

### Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



## 2.7.2 Verbrauchskennwerte

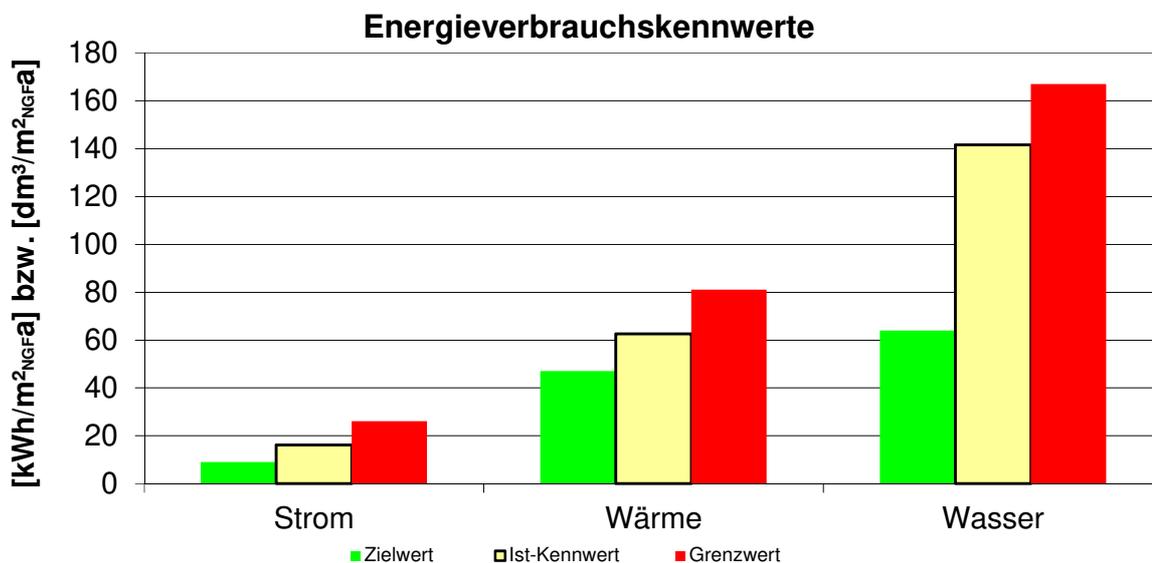
Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Ziel- und Grenzwerte sind ermittelte Kennwerte der ages Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse mbH, Münster (Werte von 2005);

Verwaltungsgebäude	<u>Energieverbrauchskennwerte</u>		
	in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	9	16	26
Wärme	47	63	81
Wasser	64	142	167

Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreis Stormarn

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



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)

### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren des Kreises Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2018 errechnet.

<b>Energieträger</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor [g/kWh]</b>	<b>Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]</b>
Erdgas	245	0	0
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	270.892	23.838
Strom	497	22.290	11.078
Summe:		293.182	34.916

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>85,39</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,95</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,00</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>7,02</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser)</b>	<b>86</b>

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

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.

→ **Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes**

### 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe des Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

## Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit ]	Grundpreis [€/Monat]	jährl. Preis- steigerung inflationbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit ]
Gebäude F Fernwärme	kWh	0,083	0,00	1,50	241,0
Gebäude G Strom-M	kWh	0,235	0,00	3,00	584,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

## Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Heizungsoptimierung

SV2: Photovoltaikanlage

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus bis zu 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

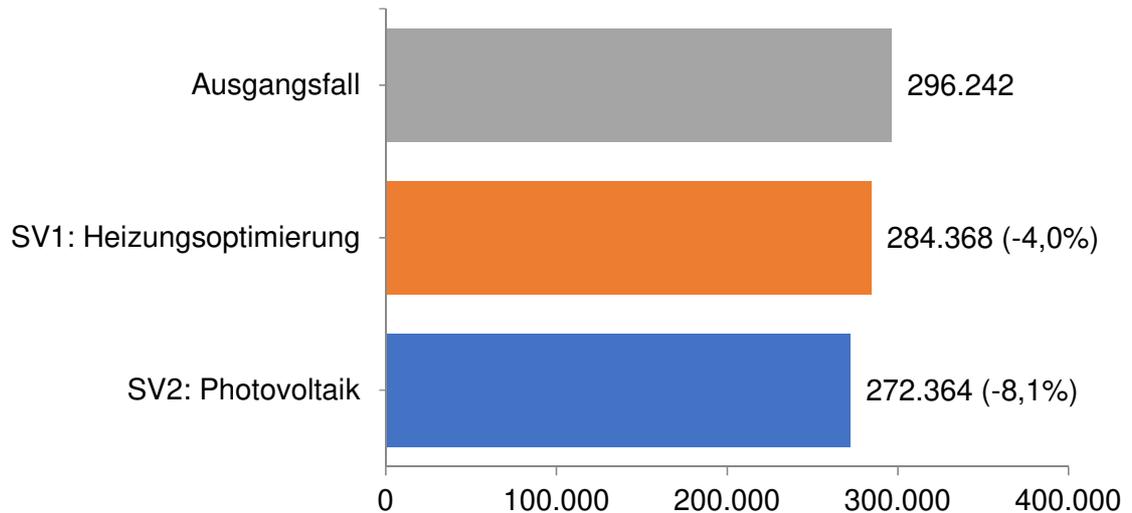
Parameter	Ausgangsfall	SV1: Heizungsoptimierung	SV2: Photovoltaikanlage
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	18.611	61.292
Nutzungsdauer [a]	-	10	20
dynamische Amortisation [a]	-	15	9
Kosten/ Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,10	0,128
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>4)</sup>	28.582,86	27.549,04	22.375
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	1.034	6.208
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	4	21,7
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	296.242,0	284.367,6	272.364
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	11.874	23.878
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	4	8,1
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	398.255,3	382.659,9	355.275
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	15.595	42.980
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	4	10,8
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	80.408,8	77.438,2	68.088
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	2.971	12.321
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	3,7	15,3

<sup>4)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

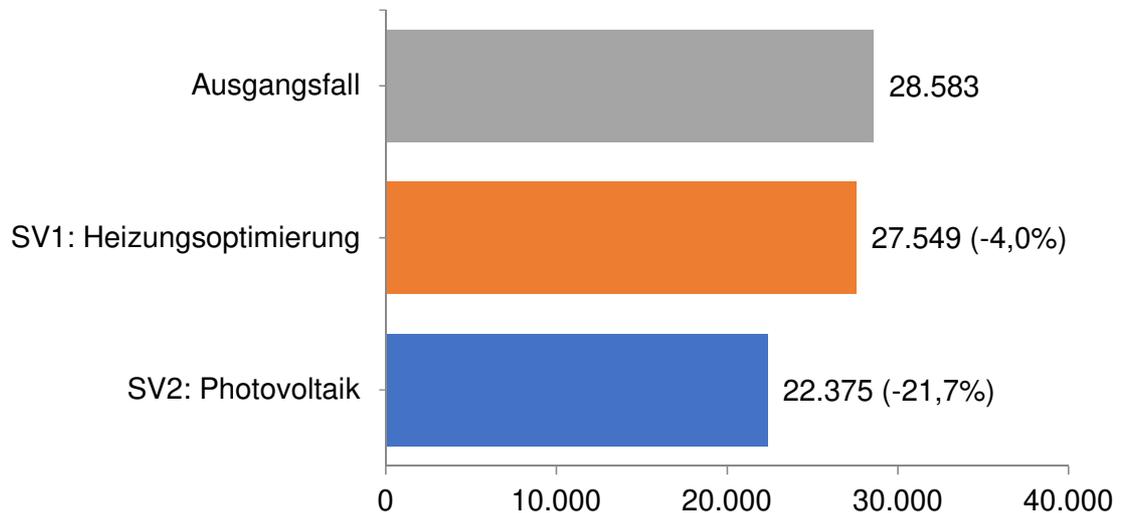
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



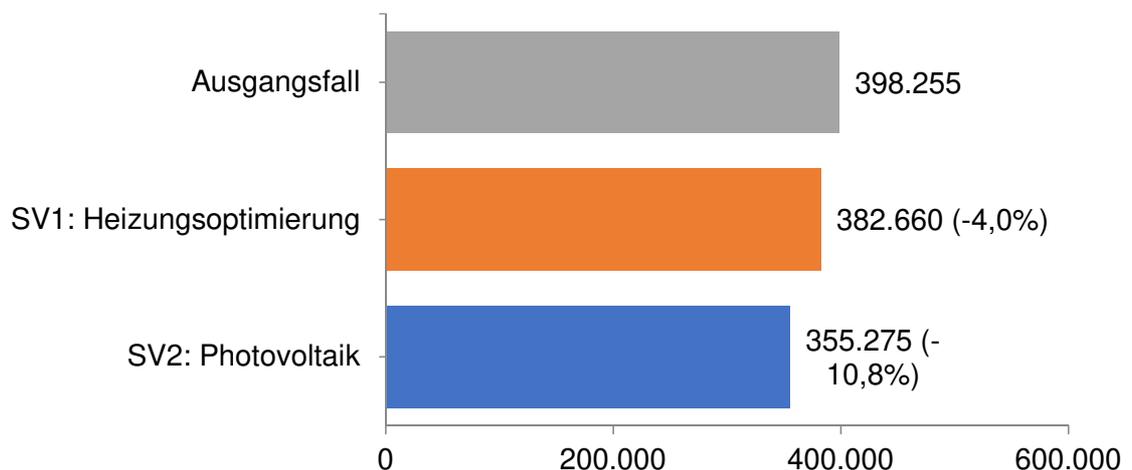
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

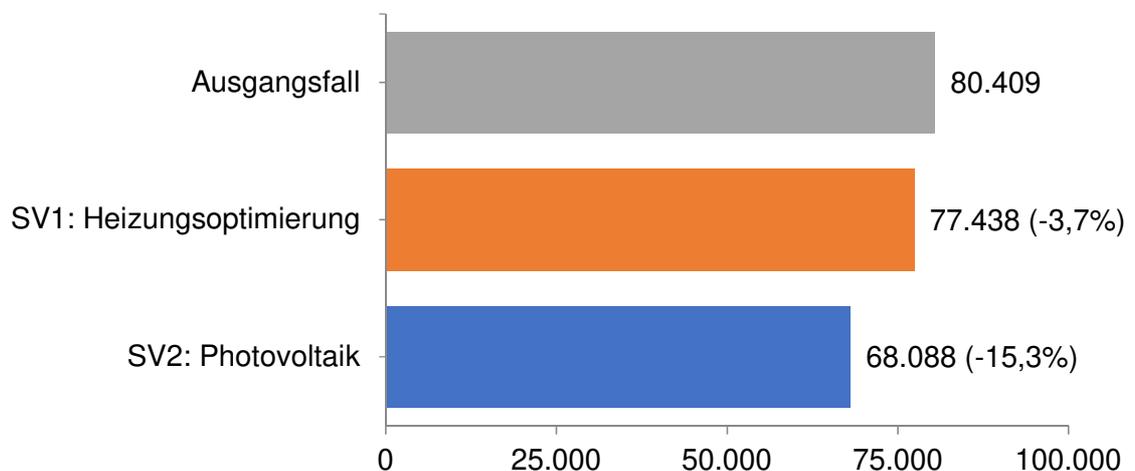
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Heizungsoptimierung

### Heizungsoptimierung:

Für das Gebäude wird eine Heizlast- und Volumenstromberechnung durchgeführt. Da noch nicht erfolgt, werden die vorhandenen Heizungspumpen gegen Hocheffizienzpumpen ausgetauscht. 1K-Ventile einschließlich Thermostate ersetzen die alten 2K-Heizungsventile. Nach Möglichkeit wird eine Einzelraumregelung installiert. Danach wird die Heizungsanlage entsprechend der Volumenstromberechnung hydraulisch abgeglichen. Sämtliche Heizungsrohre der Verteilungen im Keller werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Mit dem hydraulischen Abgleich des Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen erreichen. Das führt zu optimierten Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Stromseite aus.

Sanierungsvariante		SV1: Heizungsoptimierung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	18.611	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	28.583	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	27.549	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	1.034	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	4	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	296.242	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	93,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	284.368	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	89,6	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	11.874	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	4	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	80.409	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	77.438	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	2.971	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	3,7	%	

Sanierungsvariante		SV1: Heizungsoptimierung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Nutzungsdauer		16	a
dynamische Amortisation		15	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,10	€/kWh

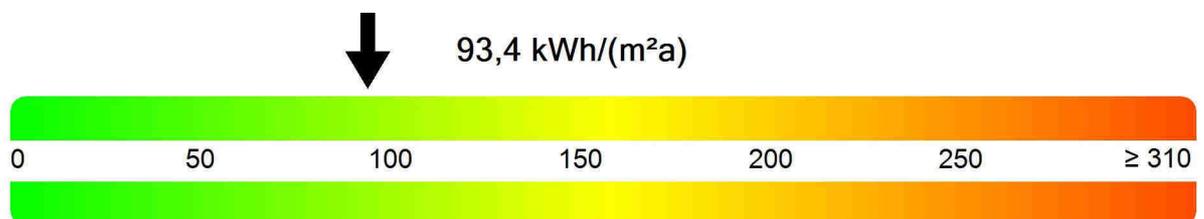
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

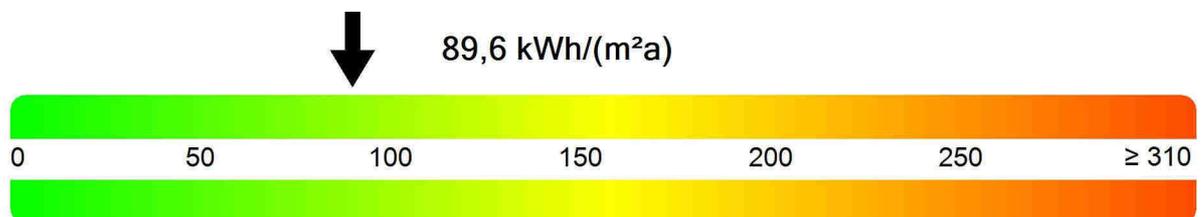
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Photovoltaikanlage

### Photovoltaikanlage:

Auf dem vorhandenen Flachdach wird eine Photovoltaikanlage errichtet. Es steht eine Gesamtfläche von ca. 850 m<sup>2</sup> zu Verfügung. Um die optimalste Einspeisevergütung neben dem Eigenverbrauch zu erzielen, wird eine Anlage von ca. 295 m<sup>2</sup> mit einer Leistung von ca. 39,8 kWp errichtet. Es wird mit einem Eigenverbrauch von ca. 65 % der ca. 36.700 kWh/a gerechnet.

Sanierungsvariante		SV2: Photovoltaikanlage	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	61.292	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	28.583	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	22.375	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	6.208	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	21,7%	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	296.242	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	93,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	272.364	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	85,8	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	23.878	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	8,1	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	80.409	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	68.088	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	12.321	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	15,3	%	
Nutzungsdauer	20	a	
dynamische Amortisation	9	a	

<b>Sanierungsvariante</b>	<b>SV2: Photovoltaikanlage</b>	
<b>Wirtschaftlichkeit</b>		
<b>Kenndaten</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>	0,128	€/kWh

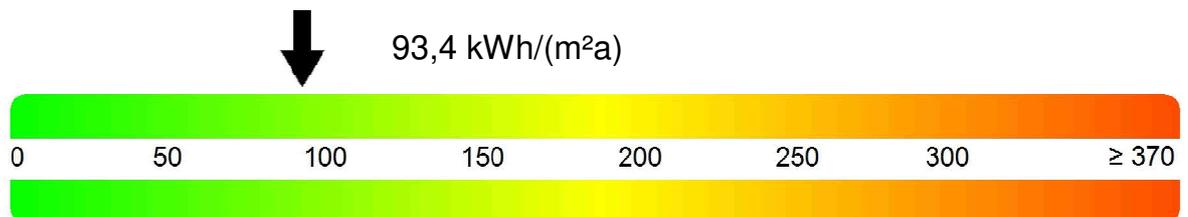
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

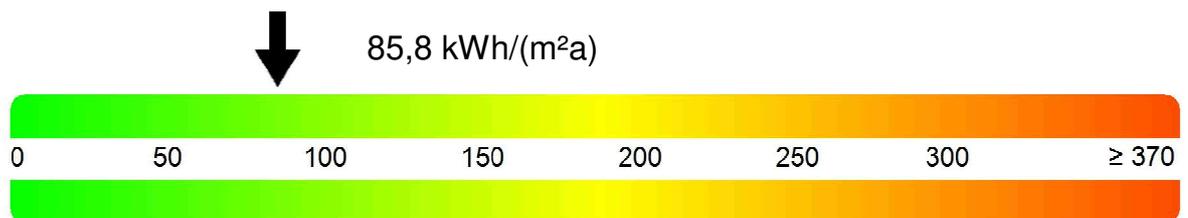
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:** KSTK Gebäude G Verkehrsaufsicht  
Rögen 36 - 38  
23843 Bad Oldesloe

Greven, 03.03.2020

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	11
2.4 Wärmebrücken .....	12
2.5 Dachbegrünung .....	12
2.6 Anlagentechnik .....	14
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	26
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	26
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	28
2.7.3 Emissionen .....	29
2.8 Gebäudebetrachtung .....	30
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	30
2.8.2 Energiekosten .....	31
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	31
3 Sanierungsvarianten .....	32
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	32
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	33
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	33
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	34
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	35
4.4 SV1: Beleuchtungssanierung .....	36
4.5 SV2: Hydraulischer Abgleich .....	38
4.6 SV3: Photovoltaik .....	40

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht des Gebäude G der Verkehrsaufsicht wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 des Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde an Hand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie an Hand 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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Verwaltung
Baujahr	1984
Baujahr des Wärmeerzeugers	2018
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	3.072,0
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	952,8
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	2.151,6
Anzahl der Geschosse	1
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreis Stormarn Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton
Kellerdecke	Stahlbeton
Geschossdecken	
oberste Geschossdecke	Holzkonstruktion mit Deckenverkleidung
Außenwand	Massivwand mit Vorhangfassade
Dach	Kalzipdach
Fenster	3-fach Verglasung mit Kunststoffrahmen

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Südseite mit Haupteingang zum Gebäude



Bild 2: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 3: Neuer Heizkessel für die Wärmeversorgung

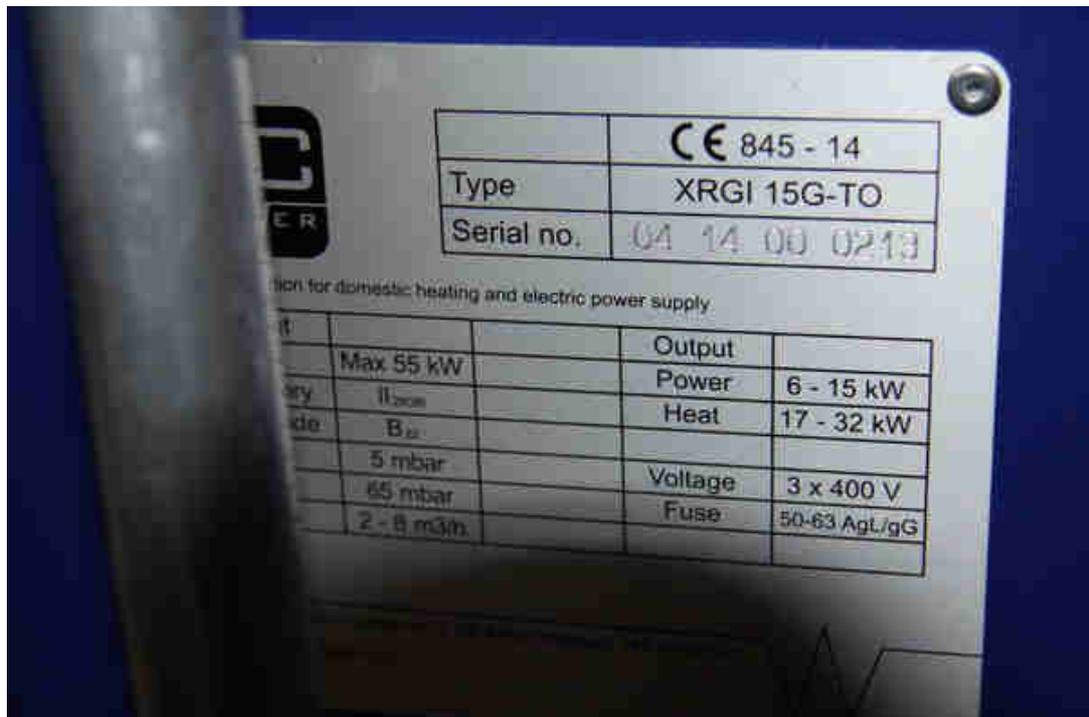


Bild 4: Typenschild mit den Leistungsdaten des BHKW's für die Stromerzeugung



Bild 5: Wärmespeicher für die Speicherung der Abwärme des BHKW's

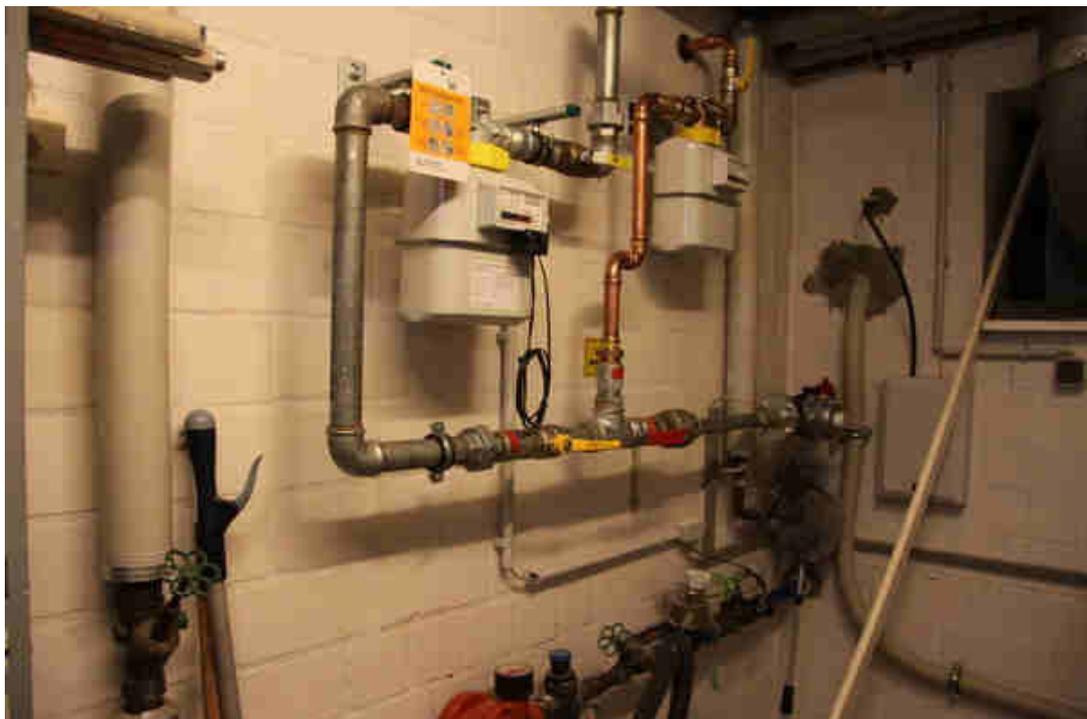


Bild 6: Hauptgaszähler und Untertzähler für den Brennwertkessel und BHKW



Bild 7: Stromzähler für den Verbrauch und Einspeisung ins Netz



Bild 8: Lüftungsanlage für die Be- und Entlüftung sowie Klimatisierung des Gebäudes



Bild 9: Teilweise ungedämmte oberste Geschoßdecke



Bild 10: Ansicht auf die Ostseite



Bild 11: Ansicht auf die Nordseite des Gebäudes mit Wärmebrücke im unteren Bereich der Fensteranschlüsse



Bild 12: Ansicht auf die Westseite mit dem Klimagerät für die Klimatisierung des Gebäudes

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Bodenplatte UG	364,52	364,52	0,60	0,30
Bodenplatte EG	360,13	360,13	0,60	0,30
AW gegen Erdreich	187,83	186,78	0,60	0,30
Fenster 2		1,05	1,3	1,30
AW N gegen Außenluft KG	7,02	5,24	0,60	0,24
Tür 1		1,78	2,5	1,80
AW N gegen Außenluft EG	115,46	50,37	0,60	0,24
Fenster 1		42,05	1,3	1,30
Fenster 2		17,26	1,3	1,30
Fenster 3		5,78	1,3	1,30
AW O gegen Außenluft KG	22,04	17,19	0,60	0,24
Tür 1 mit Glas		2,11	1,9	1,30
Fenster 1		2,74	1,3	1,30
AW O gegen Außenluft EG	109,82	94,25	0,60	0,24
Fenster 1		5,78	1,3	1,30
Fenster 2		5,40	1,3	1,30
Tür 1 verglast		4,39	1,9	1,30
AW S gegen Außenluft KG	36,46	26,83	0,60	0,24
Fenster 1		9,63	1,3	1,30
AW S gegen Außenluft EG	96,73	67,72	0,60	0,24
Fenster 1		14,45	1,3	1,30
Fenster 1		7,22	1,3	1,30
Tür 1 verglast		7,34	1,9	1,30
AW W gegen Außenluft EG	103,21	98,22	0,60	0,24
Tür 1 verglast		4,99	1,9	1,30

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Schrägdach N	383,97	383,97	0,27	0,24
Schrägdach S	364,44	364,44	0,27	0,24
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>2.151,63</b>		

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

---

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

**Vorteile:**

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*
- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

**Nachteile:**

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

Im vorliegenden Fall wurde das vorhandene Dach im Jahr 2018 durch ein Kalzip-Dach erneuert. Dadurch ist eine nachträgliche Änderung zurzeit unwirtschaftlich.

## 2.6 Anlagentechnik

### Beheizung

In dem betrachteten Gebäude gibt es einen neuen Brennwertkessel für die Spitzenlast und ein BHKW, welches vorrangig zur Stromerzeugung dient. Die anfallende Wärme wird über Pufferspeicher für die zusätzliche Beheizung des Gebäudes genutzt.

#### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

Wärmeerzeugungereinheit 1

Anzahl Erzeuger	2
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

1. Brennwertkessel 1

Erzeuger	Brennwertkessel
Baujahr	2019
Art des Erzeugers	Brennwertkessel verbessert
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	70,0/55,0
Nennleistung-Kesselwirkungsgrad aus Abgasverlust	nein
Pumpenmanagement	kein integriertes Pumpenmanagement
elektrische Kesselregelung vorhanden	nein
Art des Brenners	Gebläsebrenner
Kessel-Nennleistung [kW]	75,00
Betriebsbereitschaftsverlust bei 70 °C [-]	0,005
Kesselwirkungsgrad bei Nennleistung [-]	0,980
elektrische Leistungsaufnahme Nennlast [kW]	0,357 (Standardwert)
Leistungsaufnahme Schlumberbetrieb [kW]	0,000 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Teillast [-]	1,084
Lastbereich Teillast [-]	0,300 (Standardwert)
elektrische Leistungsaufnahme Teillast [kW]	0,028

## 2. dezentrale KWK 1

Erzeuger	dezentrale KWK
Baujahr	2014
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Energieträger	Erdgas H

### Details

Berücksichtigung der Stromproduktion	Verfahren B: Bilanzierung Primärenergiefaktor der Wärme
Primärenergiefaktor [-]	0,22
Mikro-KWK-System	nein
Deckungsanteil [-]	0,800
Stromkennzahl [-]	0,500
brennwertbezogener Nutzungsgrad KWK-Anlage [-]	0,920

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht weitestgehend dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung der wärmeerzeugenden Anlage zurzeit nicht sinnvoll. Ein hydraulischer Abgleich ist nicht durchgeführt worden.

## Warmwasserbereitung

### **Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser**

***Die Warmwasserbereitung des Gebäude G der Verkehrsaufsicht erfolgt über dezentral angeordnete elektrische Untertischgeräte.***

***Eine Warmwasserbereitung wurde nicht betrachtet, da es sich um ein Verwaltungsgebäude handelt und dies gem. den vorgegebenen Nutzungsprofilen nicht erforderlich ist.***

## 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 zum Teil über die vorhandenen Fenster und Türen und der vorhandenen Lüftungsanlage.***

**Zusätzlich ist eine Klimaanlage vorhanden, die über die Lüftungsanlage bestimmte Bereiche im Sommer klimatisiert.**

### Anlagentechnik: Lüftung

RLT-Luftsystem 1

Betriebsweise	Heiz- und Kühlfunktion
Luftkanaloberfläche außerhalb der thermischen Hülle A <sub>K,A</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00

### Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil Wärme	Deckungsanteil Kälte
RLT-Einheit 1	1,00	1,00

### Übergaben

Zone	Deckungsanteil	Nutzungsgrad Übergabe Wärme	Nutzungsgrad Übergabe Kälte
Gebäude	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)

### Anlagentechnik: Klima

Kälteerzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Art des Kältesystems	Kaltwasser (indirektes System)
Vor-/Rücklauftemperatur Primärkreis [°C]	6,0/12,0
Vor-/Rücklauftemperatur Rückkühlkreis [°C]	27,0/33,0
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen
Kältespeicher vorhanden	nein

**1. Kälteerzeuger 1**

Baujahr	2014
Art der Kälteerzeugung	Kompressionskältemaschine
Art der Kühlung	luftgekühlt
Art des Verdichters	Kolben-/Scrollverdichter 10 kW bis 1500 kW
Art der Teillastregelung	Zweipunktregelung taktend mit Pufferspeicher (EIN/AUS-Betrieb)
Art des Kältemittels	R410A
Freie Kühlung	keine freie Kühlung

**Pumpe des Rückkühlkreises: Rückkühlkreispumpe**

Überströmventile vorhanden	nein
hydraulischer Abgleich	ja
hydraulische Entkopplung	nein
geregelter Pumpe	nein
Überströmventile vorhanden	nein
Betriebsweise der Pumpe	vollautomatisierter, bedarfsgesteuerter Betrieb
elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt [W]	0,00 (Standardwert)
Viskosität des Kälteleiters $\nu_{cl}$ [mm <sup>2</sup> /s]	1,0
spezifische Wärmekapazität des Kälteleiters [kJ/(kgK)]	4,18
Dichte des Kälteleiters [kg/m <sup>3</sup> ]	1.000,00
maximale Rohrleitungslänge [m]	40,00 (Standardwert)
Entfernung Kältemaschine zu Wärmeübergabekomponenten [m]	20,00
mittleres spezifisches Druckgefälle in Rohrleitungen [kPa/m]	0,25 (Standardwert)
Anteil Einzelwiderstände am Rohrreibungsverlust [-]	0,30 (Standardwert)
Differenzdruck Wärmeübertrager am Erzeuger [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art des Wärmeübertragers beim Erzeuger	keiner
Differenzdruck Regelventile [kPa]	0,00 (Standardwert)
Drosselventil stetig	keiner
Differenzdruck Kühlturm [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art des Kühlturms	keiner
Differenzdruck Übergabe [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art der Übergabe	keine
Differenzdruck Rückschlagventil [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art des Rückschlagventils	keine
Differenzdruck Übergabe Wasser/Wasser [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art der Übergabe Wasser/Wasser	keine

**Kühlkreis 1**

Art des Systems	indirekt
Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	16,0/18,0
<b>Erzeugereinheiten</b>	
<b>Einheit</b>	<b>Deckungsanteil</b>
Kälteerzeugereinheit 1	1,00
Verteilung 1: Verteilung 1	
Pumpe	
vereinfachte Ermittlung der Pumpenleistung gemäß	Fall 1
<b>Übergabe 1: Übergabe 1</b>	
Art der Sekundärluftventilatoren	keine Sekundärluftventilatoren
Energiebedarfsfaktor der Ventilatoren [kWh/kWh]	0,00 (Standardwert)
Nutzungsgrad Kälteübergabe an den Raum - Luftführung Kühlen [-]	0,00 (Standardwert)
Nutzungsgrad Wärmeübergabe an den Raum - Luftführung Heizen [-]	0,00 (Standardwert)
<b>Zonenzuordnungen</b>	
<b>Zone</b>	<b>Deckungsanteil</b>
Gebäude	1,00

## Beleuchtung

In dem betrachteten Gebäude befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58W sowie mit verlustarme Vorschaltgeräten [VVG]. In den Büros sind zusätzlich zu der alten Beleuchtung moderne und effiziente Standleuchten installiert. Das Großraumbüro ist komplett mit LED-Beleuchtung umgerüstet.

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

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

### Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verkehrsfläche

Fläche [m <sup>2</sup> ]	111,22 (11,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	43,20
Fläche ohne Tageslicht $A_{KTL}$ [m <sup>2</sup> ]	68,02
lichte Raumhöhe [m]	3,38 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Tür 1 mit Glas – AW O gegen Außenluft KG
Tür 1 verglast – AW O gegen Außenluft EG
Tür 1 verglast – AW S gegen Außenluft EG
Tür 1 verglast – AW W gegen Außenluft EG

**Beleuchtungsbereich 2: Z2 Einzelbüro**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	170,82 (17,9 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	66,93
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	103,89
lichte Raumhöhe [m]	3,38 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1 – AW O gegen Außenluft EG (2mal)
Fenster 1 – AW S gegen Außenluft EG (5mal)
Fenster 3 – AW N gegen Außenluft EG (2mal)

**Beleuchtungsbereich 3: Z3 Großraumbüro**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	337,76 (35,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	117,85
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	219,91
lichte Raumhöhe [m]	3,38 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	LED

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1 – AW N gegen Außenluft EG
Fenster 2 – AW N gegen Außenluft EG (2mal)
Fenster 2 – AW O gegen Außenluft EG

**Beleuchtungsbereich 4: Z4 Besprechung**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	130,61 (13,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	49,94
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	80,67
lichte Raumhöhe [m]	3,38 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 2 – AW gegen Erdreich (2mal)
Fenster 1 – AW S gegen Außenluft KG (5mal)

**Beleuchtungsbereich 5: Z5 Schalterhalle**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	66,98 (7,0 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	14,07
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	52,91
lichte Raumhöhe [m]	3,38 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1 – AW S gegen Außenluft EG (2mal)
--

**Beleuchtungsbereich 6: Z6 WC, Sanitär**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	26,55 (2,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	26,55
lichte Raumhöhe [m]	3,38 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 7: Z7 Sonstige Aufenthaltsräume**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	34,83 (3,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	34,83
lichte Raumhöhe [m]	3,38 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 8: Z8 Lager, Technik, Archiv**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	74,07 (7,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	17,33
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	56,74
lichte Raumhöhe [m]	3,38 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1 – AW O gegen Außenluft KG (2mal)
--

**Einstufung von Solar und Photovoltaik**
**Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung**

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur

Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

Eine Nutzung von Solarenergie für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung ist möglich jedoch in diesem Fall nicht sinnvoll. Die Abwärme des BHKW wird jetzt schon in den vorhandenen Pufferspeichern zwischengespeichert. Warmwasser fällt für dieses Gebäude nur in geringen Mengen für Reinigungszwecke an, sodass sich eine Solarthermieanlage nicht amortisieren würde.

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2020 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreuung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2020, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

Eine Nutzung von Solarenergie durch eine Photovoltaikanlage ist bei der vorhandenen Dachform und Gebäudeausrichtung möglich jedoch sollte das vorhandene BHKW in die Überlegungen mit einbezogen werden. Der über die Photovoltaikanlage erzeugte Strom sollte nach Möglichkeit in den naheliegenden kreiseigenen Gebäuden verbraucht werden, sodass nur ein geringer Anteil in das öffentliche Netz eingespeist würde.

## 2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen

### 2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

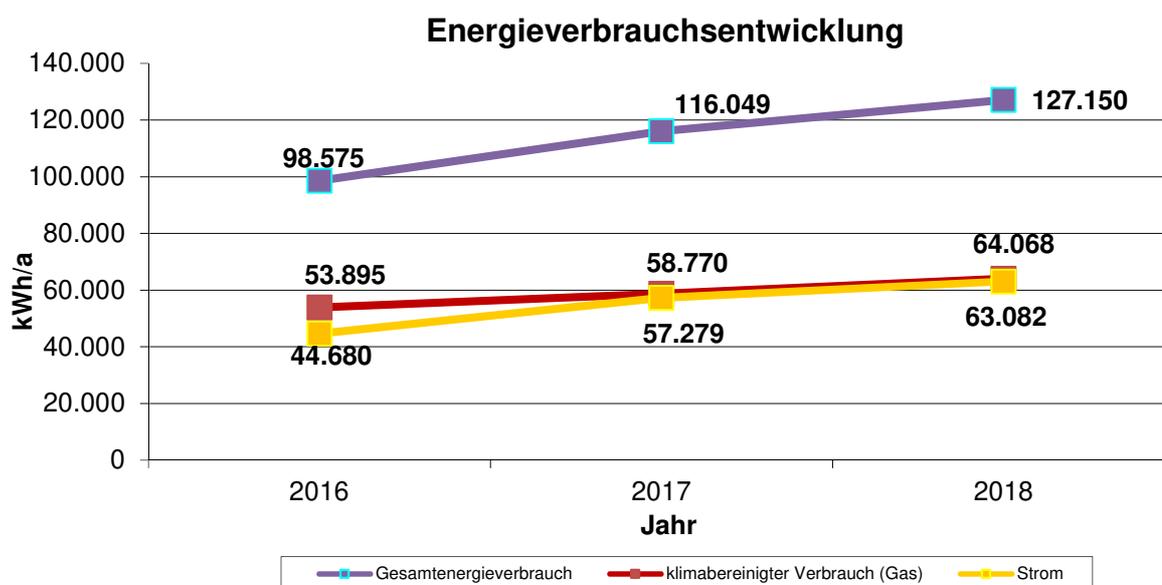
- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der letzten drei Jahre wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

### Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	Heizung (Gas) [kWh/a]	Klimafaktor <sup>3</sup> [-]	klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	Wasser [m <sup>3</sup> /a]
2012	0	1,00	0	0	0	0
2013	0	0,97	0	0	0	0
2014	0	1,16	0	0	0	0
Mittelwert:	0		0	0	0	0

### Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



<sup>3</sup> Der Einfluss der Witterung und des Klimas auf den Energieverbrauch wird mittels eines so genannten Klimafaktors erfasst, der sowohl die Temperaturverhältnisse während eines Berechnungszeitraumes als auch die klimatischen Verhältnisse in Deutschland berücksichtigt.

Durch die Anwendung des Klimafaktors können die Energieverbrauchskennwerte verschiedener Berechnungszeiträume und von Gebäuden in verschiedenen klimatischen Regionen Deutschlands (zumindest überschlägig) verglichen werden.

Der Klimafaktor bezieht sich normalerweise in einer EnEV-konformen Berechnung auf den neuen Referenzort Potsdam (statt Würzburg). In dieser Berechnung wurde der Klimafaktor, entsprechend der Angabe aus dem Energiecontrolling des Kreises Stormarn, benutzt.

Die Witterungsbereinigung erfolgt durch das Multiplizieren des gemessenen Jahres-Heizenergieverbrauchs mit dem entsprechenden Klimafaktor. Als Faustregel gilt, dass ein Jahr umso wärmer ist, je größer der Klimafaktor ist.

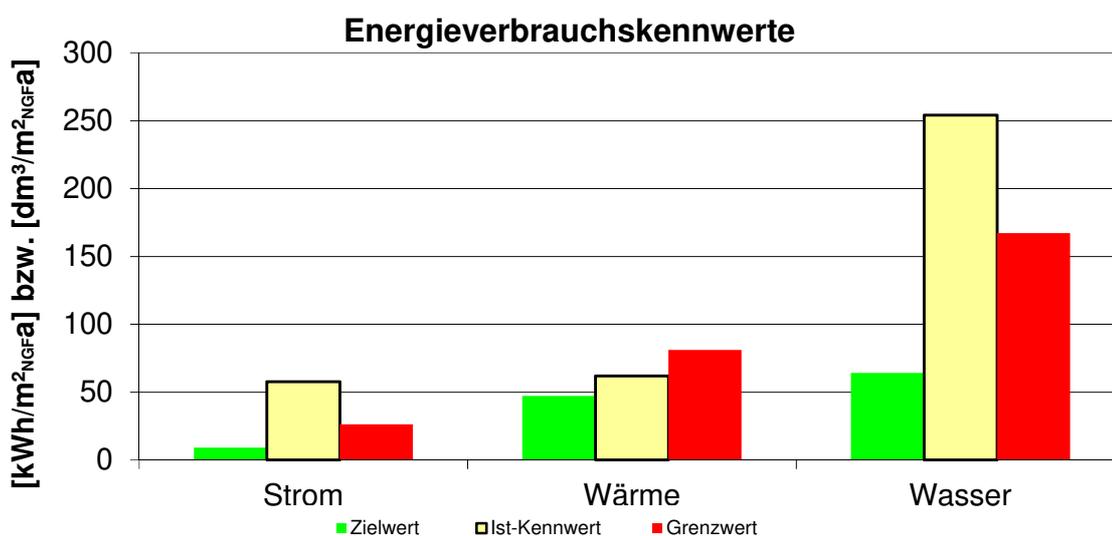
## 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>4</sup>

Verwaltungsgebäude	Energieverbrauchskennwerte in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]			
	Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
	Strom	9	58	26
	Wärme	47	62	81
	Wasser	64	254	167

Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreis Stormarn

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



<sup>4</sup> 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)

### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren des Kreises Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2018 errechnet.

<b>Energieträger</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor [g/kWh]</b>	<b>Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]</b>
Erdgas	245	50.447	12.360
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	0	0
Strom	497	63.082	31.352
Summe:		113.529	43.712

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>110,64</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,00</b>
spez. Endenergiebedarf Kühlung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>7,6</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,87</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>8,52</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser + Lüftung)</b>	<b>112</b>

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

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.

→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe der Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Woldenhornschule BA I Erdgas	kWh	0,100	3,00	211,0
01 Gebäude D Strom-M	kWh	0,211	3,00	584,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Beleuchtungssanierung

SV2: Hydraulischer Abgleich

SV3: Photovoltaik

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus bis zu 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

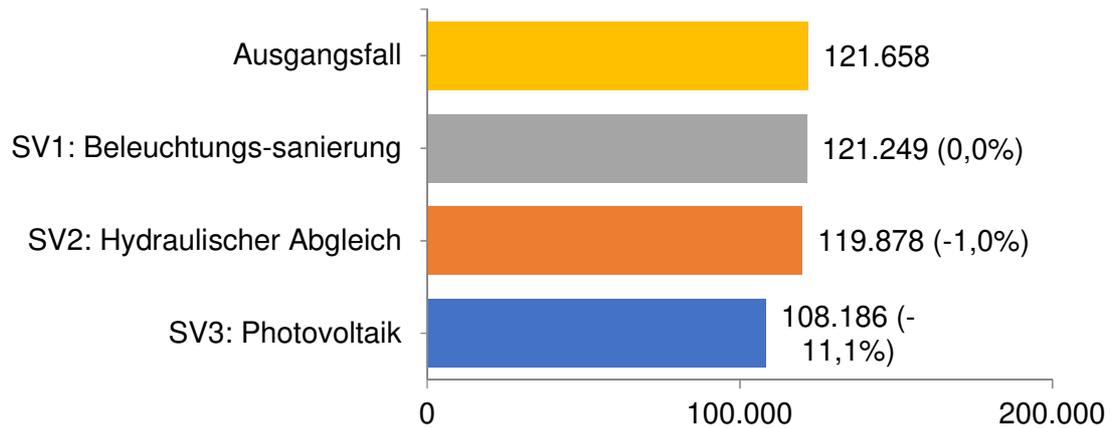
Parameter	Ausgangsfall	SV1: Beleuchtungs- sanierung	SV2: Hydraulischer Abgleich	SV3: Photovoltaik
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	8.745	3.850	58.212
Nutzungsdauer [a]	-	25	10	20
dynamische Amortisation [a]	-	23	16	16
Kosten/ Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,71	0,10	0,216
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>5)</sup>	12.971	12.735	12.798	10.128
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	237	173	2.843
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	2	1	21,9
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	121.658	121.249	119.878	108.186
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	409	1.780	13.472
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	0	1	11,1
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	69.507	67.003	68.679	45.258
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	2.504	828	24.249
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	4	1	34,9
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	29.678	28.949	29.297	21.810
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	729	381	7.868
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	2,5	1,3	26,5

<sup>5)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

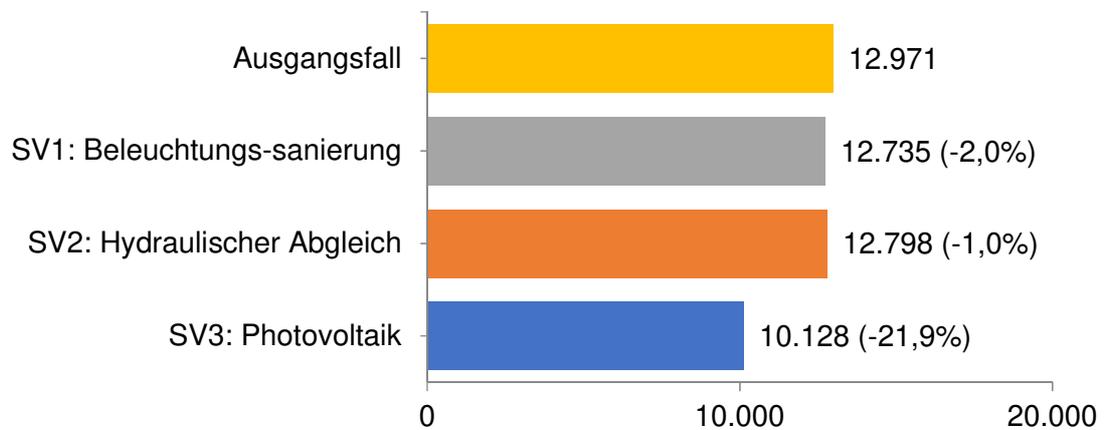
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



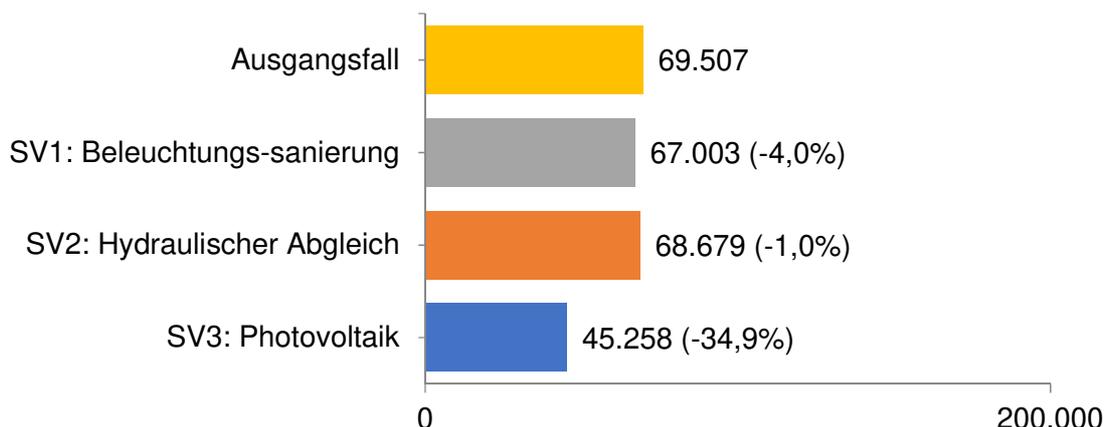
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

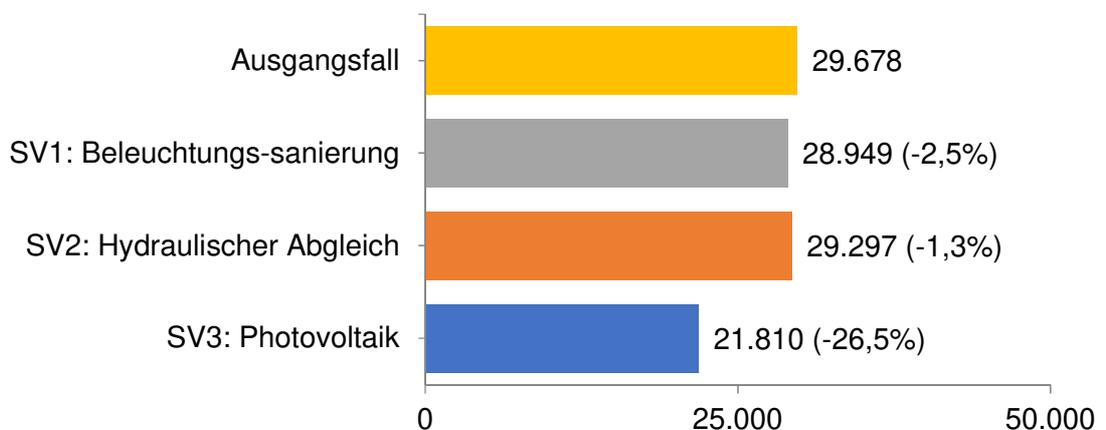
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Beleuchtungssanierung

### Beleuchtungssanierung:

In dieser Sanierungsvariante wird die vorhandene Beleuchtung in ausgesuchten Zonen erneuert. Die Bereiche der Büros bzw. des Großraumbüros sind schon mit effizienten Standleuchten ausgerüstet. In den unten aufgeführten Bereichen/Zonen wird die alte Beleuchtung komplett durch eine LED-Beleuchtung mit teilweiser Präsenzmeldung ersetzt.

Zu sanierende Bereiche/Zonen:

Zone 1: Verkehrsflächen

Zone 4: Besprechung, Sitzung, Seminar

Zone 6: WC, Sanitär

Zone 7: Sonstige Aufenthaltsräume

Zone 8: Lager, Technik, Archiv

Sanierungsvariante Wirtschaftlichkeit Kenndaten	SV1: Beleuchtungssanierung	
	Wert	Einheit
Investition	8.745	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	12.971	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	12.735	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	237	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	2	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	121.658	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	127,7	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	121.249	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	127,3	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	409	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	0	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	29.678	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	28.949	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	729	kg/a

Sanierungsvariante		SV1: Beleuchtungssanierung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		2,5	%
Nutzungsdauer		30	a
dynamische Amortisation		23	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,71	€/kWh

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

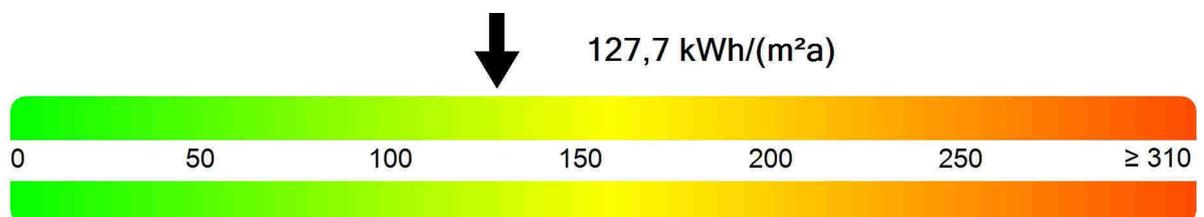
<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

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

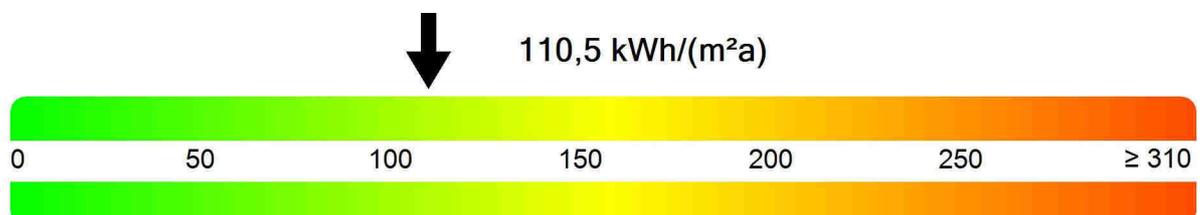
**\* Anmerkung: In dieser Sanierungsmaßnahme werden ca. 1.460 kWh/a an Beleuchtungsstrom eingespart. Gleichzeitig erhöht sich, bedingt durch den Wärmeentzug durch die Beleuchtung und des BHKW, der Heizwärmebedarf für die Heizung. Entscheidend ist aber die Primärenergieeinsparung sowie die Einsparung bei den Gesamtenergiekosten auf Grund der unterschiedlichen Strom- und Gaskosten.**

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Hydraulischer Abgleich

### Hydraulischer Abgleich:

Für das Gebäude wird eine Heizlast- und Volumenstromberechnung durchgeführt. 1K-Ventile einschließlich Thermostate ersetzen die alten 2K-Heizungsventile sofern noch nicht erfolgt. Nach Möglichkeit wird eine Einzelraumregelung installiert. Danach wird die Heizungsanlage entsprechend der Volumenstromberechnung hydraulisch abgeglichen. Sämtliche Heizungsrohre der Verteilungen im Keller werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Mit dem hydraulischen Abgleich des Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen erreichen. Das führt zu optimierten Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Stromseite aus.

Sanierungsvariante Wirtschaftlichkeit Kenndaten	SV2: Hydraulischer Abgleich	
	Wert	Einheit
Investition	3.850	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	12.971	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	12.798	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	173	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	1	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	121.658	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	127,7	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	119.878	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	125,8	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	1.780	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	1	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	29.678	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	29.297	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	381	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	1,3	%
Nutzungsdauer	21	a

Sanierungsvariante		SV2: Hydraulischer Abgleich	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
dynamische Amortisation		16	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,10	€/kWh

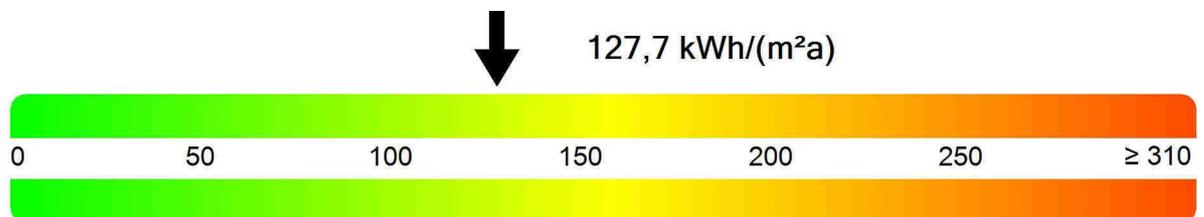
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

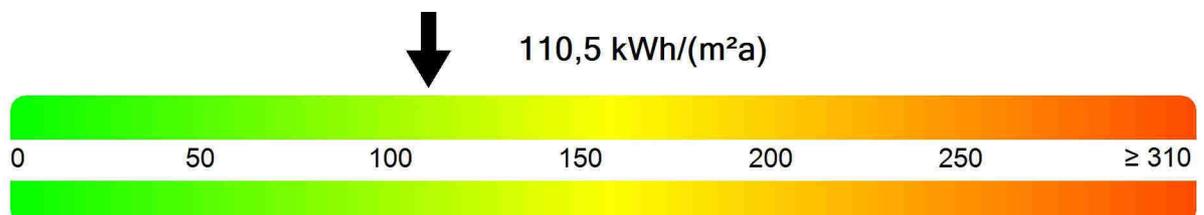
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.6 SV3: Photovoltaik

### Photovoltaik:

Der Strombezug des Straßenverkehrsamtes aus dem Stromnetz lag 2018 bei ca. 63.000 kWh pro Jahr. Im Gebäude befindet sich zusätzlich noch ein BHKW, über das schon ein Teil des Gesamtstrombedarfs abgedeckt wird. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann zusätzlich ein Teil des Strombedarfs der benachbarten kreiseigenen Gebäude klimaneutral erzeugt werden.

Für die Stadt Bad Oldesloe bzw. für den Kreis Stormarn liegt leider kein Solarpotenzialkataster vor. Jedoch ist das südlich ausgerichtete Dach der Zulassungsstelle sehr gut für die Installation einer PV-Anlage ausgerichtet.

Sanierungsvariante		SV3: Photovoltaik	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Investition		58.212	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>		12.971	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante		10.128	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr		2.843	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr		21,9%	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>		121.658	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation		127,7	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		108.186	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		113,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung		13.472	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		11,1	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>		29.678	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		21.810	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		7.868	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		26,5	%
Nutzungsdauer		20	a

Sanierungsvariante		SV3: Photovoltaik	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
dynamische Amortisation		16	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,216	€/kWh

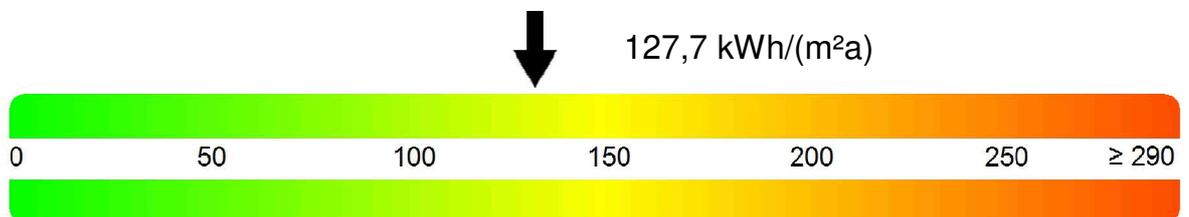
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

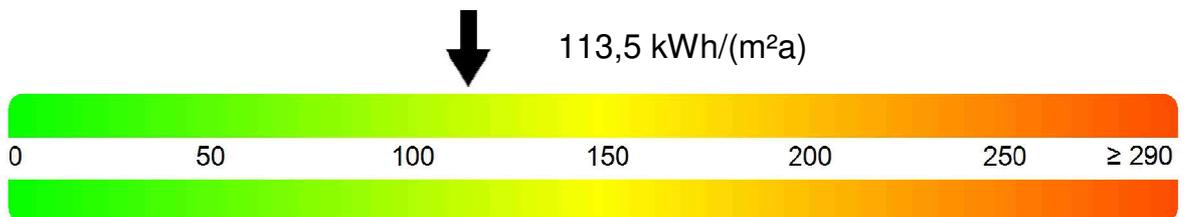
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:** **KFZ Nütschau Büro Schlauchpflegerei  
Lindenstraße 82  
23843 Bad Oldesloe**

Greven, 15.03.2020

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	10
2.4 Wärmebrücken .....	11
2.5 Dachbegrünung .....	11
2.6 Anlagentechnik .....	13
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	21
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	21
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	23
2.7.3 Emissionen .....	24
2.8 Gebäudebetrachtung .....	25
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	25
2.8.2 Energiekosten .....	26
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	26
3 Sanierungsvarianten .....	27
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	27
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	28
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	28
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	30
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	31
4.4 SV1: Heizungsoptimierung .....	32
4.5 SV2: Kellerdeckendämmung .....	34
4.6 SV3: Dachsanierung .....	36
4.7 SV4: Außenwanddämmung .....	38
4.8 SV5: Fenstererneuerung Schlauchpflegerei .....	41
4.9 SV6: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV4 .....	43

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht des Büros und Schlauchpflegerei der KFZ Nütschau wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 des Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde anhand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Verwaltung
Baujahr	1966
Baujahr des Wärmeerzeugers	2012
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	3.464,0
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	965,5
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	2.921,5
Anzahl der Geschosse	1
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreis Stormarn Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton
Kellerdecke	Stahlbeton
Geschossdecken	
oberste Geschossdecke	
Außenwand	Mauerwerk mit teilweiser Luftschicht und Vormauerziegel
Dach	Stahlbeton Flachdach
Fenster	Isoverglasung mit Kunststoffrahmen

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Ostseite mit Haupteingang



Bild 2: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 3: Pelletkessel für die Heizenergieversorgung der gesamten Liegenschaft



Bild 4: Pufferspeicher für den Pelletkessel



Bild 5: Raum für die Reinigung der Schläuche mit Deckenstrahlplatten für die Beheizung



Bild 6: Schlauchturm zum Trocknen der gereinigten Schläuche



Bild 7: Südseite des Anbaus



Bild 8: Südseite des Turms für die Trocknung der Schläuche mit Photovoltaikflächen



Bild 9: Westseite der Schlauchreinigung

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Bodenplatte Keller	433,57	433,57	1,20	0,30
Bodenplatte	228,34	228,34	1,20	0,30
Kellerdecke	399,41	399,41	1,10	0,30
AW gegen Erdreich	156,67	156,67	1,40	0,30
AW gegen Luft N Altbau	27,19	17,68	1,46	0,24
Fenster 0.08 Lager		9,51	1,3	1,30
AW Schlauchturn gegen Luft N Altbau	126,98	126,98	1,46	0,24
AW gegen Luft N Anbau	25,79	25,79	0,67	0,24
AW gegen Luft O Altbau	119,89	34,98	1,46	0,24
Fenstertür		5,69	1,8	1,30
Fensterfassade		56,59	1,8	1,30
Rolltor		22,64	2,5	--
AW Schlauchturn gegen Luft O Altbau	110,74	99,69	1,46	0,24
Fenster Schlauchturn		3,99	1,9	1,30
Fenster mit Betonrahmen Einfachglas Schlauchturn		7,07	6,1	1,30
AW gegen Luft O Anbau	57,27	45,95	0,67	0,24
Rolltore		11,32	2,5	--
AW gegen Luft S Altbau	25,79	25,79	1,46	0,24
AW Schlauchturn gegen Luft S Altbau	126,87	126,87	1,46	0,24
AW gegen Luft S Anbau	78,92	56,29	0,67	0,24
Rolltore		22,64	2,5	--

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
AW gegen Luft W Altbau Schlauchpflegerei D=0,24 cm	108,90	59,42	1,84	0,24
Verbundfenster Schlauchreinigung		49,48	3,2	1,30
AW gegen Luft W Altbau Schlauchpflegerei	9,00	9,00	1,29	0,24
AW Schlauchturm gegen Luft W Altbau	136,11	131,56	1,29	0,24
Fenster Schlauchturm		4,56	3,2	1,30
AW gegen Luft W Anbau	59,30	42,47	0,67	0,24
Fenster Lager 0.17+0.18		16,83	1,3	1,30
Flachdach Altbau	459,80	459,80	1,30	0,20
Flachdach Anbau	230,93	230,93	0,80	0,20
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>2.921,45</b>		

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

#### **Vorteile:**

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*
- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

#### **Nachteile:**

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

**Am untersuchten Gebäude ist eine Begrünung der Dachflächen möglich. Jedoch sollte vorab eine statische Untersuchung erfolgen, um sicherzustellen, dass die zusätzlichen sicher abgetragen werden.**

## 2.6 Anlagentechnik

### Beheizung

In dem betrachteten Gebäude gibt es einen Biomassekessel, über den die Gebäude der gesamten Liegenschaft mit Heizenergie versorgt wird.

#### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

##### Wärmeerzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

##### 1. Biomassekessel 1

Erzeuger	Biomassekessel (automatisch beschickt)
Baujahr	2012
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Energieträger	Holzpellets
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Trinkwarmwassereinheit	Erzeugereinheit 1

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	70,0/55,0
Nennleistung-Kesselwirkungsgrad aus Abgasverlust	nein
Pumpenmanagement	kein integriertes Pumpenmanagement
elektrische Kesselregelung vorhanden mit Mischer	nein
gebläseunterstützte Feuerung	nein
Kessel-Nennleistung [kW]	250,00
Betriebsbereitschaftsverlust bei 70 °C [-]	0,030 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Nennleistung [-]	0,927 (Standardwert)
elektrische Leistungsaufnahme Nennlast [kW]	0,540 (Standardwert)
Leistungsaufnahme Schlummerbetrieb [kW]	0,000 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Teillast [-]	0,952 (Standardwert)
Lastbereich Teillast [-]	0,300 (Standardwert)
elektrische Leistungsaufnahme Teillast [kW]	0,212 (Standardwert)

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung der wärmeerzeugenden Anlage zum jetzigen Zeitpunkt nicht sinnvoll.

Ein hydraulischer Abgleich ist nicht durchgeführt worden bzw. liegt schon länger zurück.

<b>Warmwasserbereitung</b>	
<b>Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser</b>	
Erzeugereinheit 1	
Anzahl Erzeuger	1
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen
1. Biomassekessel 1	
Erzeuger	Biomassekessel (automatisch beschickt)
Baujahr	2012
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Energieträger	Holzpellets
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Heizungserzeugereinheit (mit Erzeugerdetails)	Wärmeerzeugereinheit 1
<p><b><i>Die Warmwasserbereitung des Schlauchpflegerei der KFZ Nütschau wird über den im Gebäude installierten Pelletkessel und dem zugehörigen Warmwasserspeicher sichergestellt.</i></b></p>	

## 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 ausschließlich über die vorhandenen Fenster und Türen.***

## Beleuchtung

In den betrachteten Gebäuden befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58W sowie mit elektronischen Vorschaltgeräten [EVG].

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

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

### Z1: 19 Verkehrsfläche

Fläche [m <sup>2</sup> ]	59,41 (6,2 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	56,59
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,82
lichte Raumhöhe [m]	3,29 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fensterfassade – AW gegen Luft O Altbau (2mal)

### Z2: 02 Gruppenbüro (2 - 6 Arbeitsplätze)

Fläche [m <sup>2</sup> ]	53,34 (5,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	53,34
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
lichte Raumhöhe [m]	3,39 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fensterfassade – AW gegen Luft O Altbau (2mal)

### Z3: 16 WC und Sanitärräume in NWG

Fläche [m <sup>2</sup> ]	6,98 (0,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	6,98
lichte Raumhöhe [m]	3,39 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Z4: 20. Lager, Technik, Archiv**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	515,66 (53,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	212,04
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	303,62
lichte Raumhöhe [m]	3,39 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 0.08 Lager – AW gegen Luft N Altbau
Fenstertür – AW gegen Luft O Altbau
Fensterfassade – AW gegen Luft O Altbau
Fenster Lager 0.17+0.18 – AW gegen Luft W Anbau (6mal)
Verbundfenster Schlauchreinigung – AW gegen Luft W Altbau Schlauchpflegerei D=0,24 cm (7mal)

**Z5: 22. Werkstatt, Montage, Fertigung**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	330,09 (34,2 % der Zonenfläche)
--------------------------	---------------------------------

Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	330,09
Fläche ohne Tageslicht $A_{kTL}$ [m <sup>2</sup> ]	0,00
lichte Raumhöhe [m]	3,39 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster Schlauchturn – AW Schlauchturn gegen Luft O Altbau (7mal)
Fenster mit Betonrahmen Einfachglas Schlauchturn – AW Schlauchturn gegen Luft O Altbau (32mal)
Fenster Schlauchturn – AW Schlauchturn gegen Luft W Altbau (8mal)

## Einstufung von Solar und Photovoltaik

### Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder, wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den

Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**Eine Nutzung von Solarenergie für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung ist möglich. Jedoch auf Grund des Pelletkessels maximal für die Warmwassererzeugung sinnvoll. Auch diese Möglichkeit sollte auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht werden.**

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreuung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung

der Vorgaben nach dem aktuellen EEG, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**An der Südseite des Schlauchturms wurde schon eine PV-Anlage mit ca. 15 kWp installiert. Auf dem Dach des Neubaugebäudes ist ebenfalls eine ca. 12 kWp Anlage installiert. Der so erzeugte Strom wird in erster Linie auf der Liegenschaft verbraucht bzw. ins öffentliche Netz eingespeist.**

**Die zusätzliche Nutzung von Photovoltaik ist auf dem Flachdach des Bürogebäudes bzw. Werkstattbereichs möglich, jedoch sollte vor der Installation eine statische Untersuchung erfolgen.**

## **2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen**

### **2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

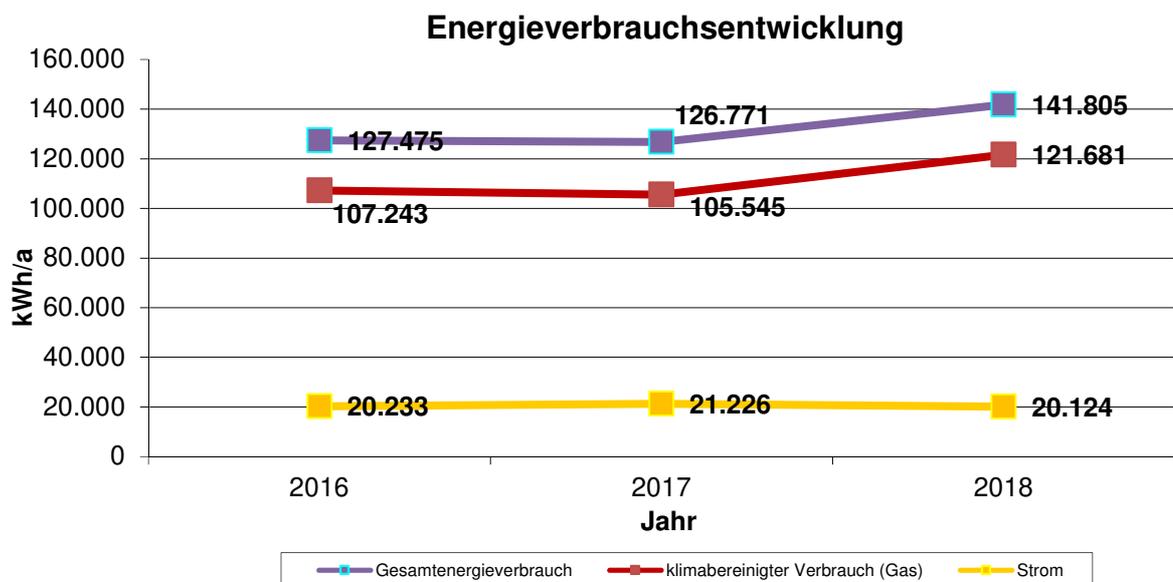
Der Energieverbrauch wird entscheidend durch das Nutzerverhalten bestimmt. Die wesentlichen Einflussfaktoren dabei sind:

- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre 2016 bis 2018 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

Jahr	Heizung (Gas) [kWh/a]	Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	Klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	Wasser [m³/a]
2016	104.119	1,03	107.243	20.233	127.475	241
2017	100.519	1,05	105.545	21.226	126.771	170
2018	95.812	1,27	121.681	20.124	141.805	161
Mittelwert :	100.150		111.490	20.528	132.017	191

### Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



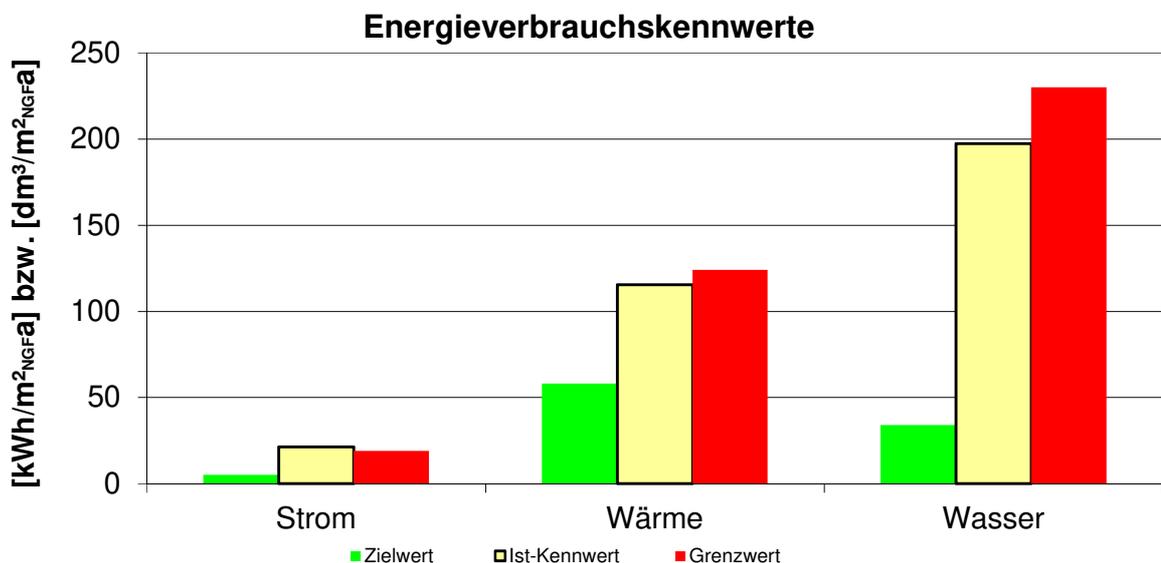
## 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>3</sup>

Feuerwehren	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFa</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFa</sub> ]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	21	19
Wärme	58	115	124
Wasser	34	197	230

Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreis Stormarn

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



<sup>3</sup> 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)

### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren des Kreises Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2018 errechnet.

<b>Energieträger</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor [g/kWh]</b>	<b>Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]</b>
Erdgas	245	0	0
Pellets	241	95.812	23.091
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	0	0
Strom	497	20.124	10.002
<b>Summe:</b>		<b>115.936</b>	<b>33.093</b>

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude in [kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>266,51</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>9,39</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,00</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>2,28</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser)</b>	<b>276</b>

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

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.

→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe des Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
dena Holz-Pellet (Gemis 4.1.3)	kWh	0,065	0,00	43,0
KFZ Büro Strom-Mix	kWh	0,219	3,00	584,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Heizungsoptimierung

SV2: Kellerdeckendämmung

SV3: Dachsanierung

SV4: Außenwanddämmung

SV5: Fenstererneuerung Schlauchpflegerei

SV6: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV4

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus bis zu 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

Parameter	Ausgangsfall	SV1: Heizungs- optimierung	SV2: Kellerdecken- dämmung	SV3: Dachsanierung
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	4.510	26.361	136.765
Nutzungsdauer [a]	-	10	45	45
dynamische Amortisation [a]	-	7	25	33
Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,04	0,04	0,05
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>4)</sup>	18.150	17.426	17.213	14.590
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	725	938	3.560
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	4	5	20
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	268.582	256.788	253.103	209.754
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	11.793	15.478	58.827
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	4	6	22
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	55.070	52.643	52.160	44.019
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	2.426	2.910	11.051
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	4	5	20
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	16.453	15.922	15.813	14.032
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	531	640	2.421
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	3,2	3,9	14,7

<sup>4)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

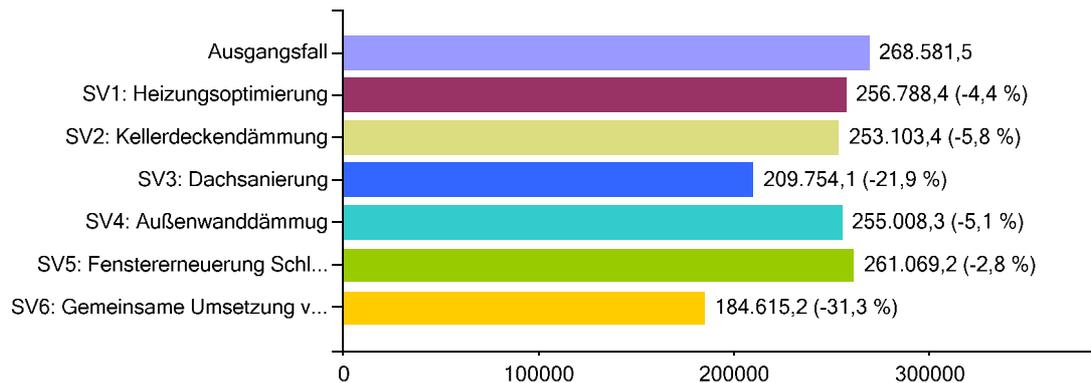
Parameter	Ausgangsfall	SV4: Außenwand-dämmung	SV5: Fenstererneuerung Schlauchpflegerei	SV6: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV4
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	12.519	39.585	193.379
Nutzungsdauer [a]	-	45	30	45
dynamische Amortisation [a]	-	15	63	35
Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,02	0,08	0,05
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>5)</sup>	18.150,39	17.328,35	17.696,71	13.066,00
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	822	454	5.084
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	5	3	28
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	268.581,5	255.008,3	261.069,2	184.615,2
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	13.573	7.512	83.966
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	5	3	31
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	55.069,7	52.517,1	53.654,6	39.115,9
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	2.553	1.415	15.954
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	5	3	29
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	16.452,9	15.892,5	16.146,0	12.976,6
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	560	307	3.476
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	3,4	1,9	21,1

<sup>5)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

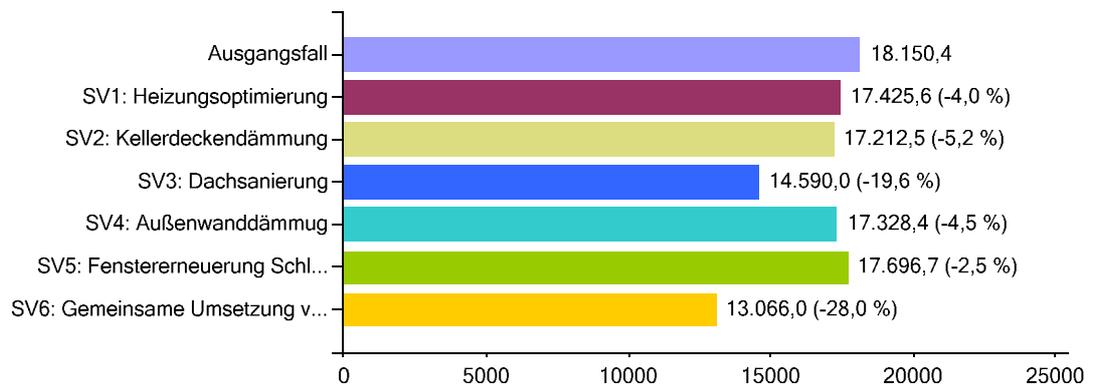
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



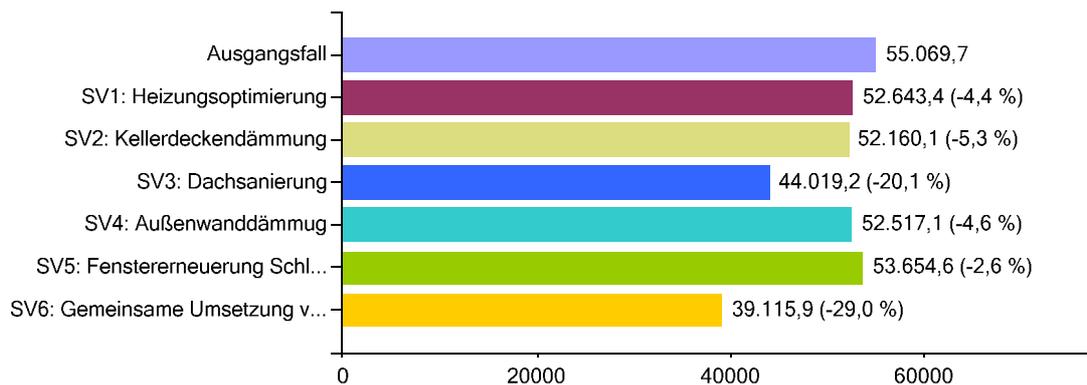
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

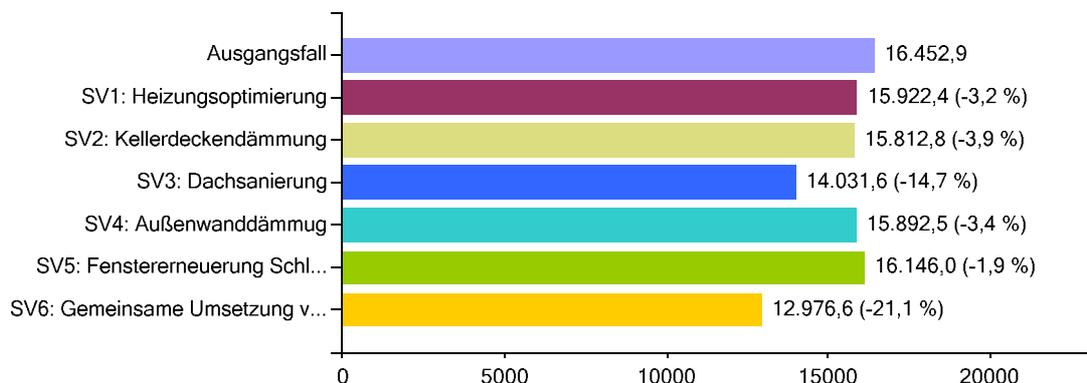
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Heizungsoptimierung

### Hydraulischer Abgleich:

Für das Gebäude wird eine Heizlast- und Volumenstromberechnung durchgeführt. 1K-Ventile einschließlich Thermostate ersetzen die alten 2K-Heizungsventile. Nach Möglichkeit wird eine Einzelraumregelung installiert. Danach wird die Heizungsanlage entsprechend der Volumenstromberechnung hydraulisch abgeglichen. Sämtliche Heizungsrohre der Verteilungen im Keller werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Mit dem hydraulischen Abgleich des Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen erreichen. Das führt zu optimierten Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Stromseite aus.

Sanierungsvariante	SV1: Heizungsoptimierung	
	Wert	Einheit
Investition	4.510	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	18.150	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	17.426	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	725	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	4	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	268.582	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	278,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	256.788	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	266,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	11.793	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	4	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	16.453	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	15.922	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	531	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	3,2	%
Nutzungsdauer	10	a

Sanierungsvariante		SV1: Heizungsoptimierung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
dynamische Amortisation		7	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,04	€/kWh

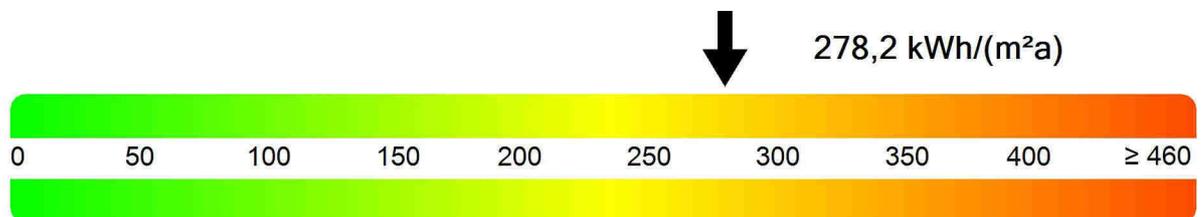
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

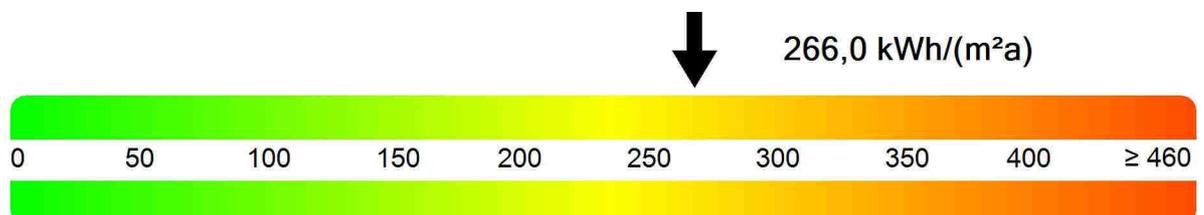
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Kellerdeckendämmung

### Kellerdeckendämmung:

Die Decke im Kellerbereich wird entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Der zulässige U-Wert beträgt 0,3 W/m<sup>2</sup>K. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Simulation wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt, als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt 0,21 W/m<sup>2</sup>K.

Sanierungsvariante	SV2: Kellerdeckendämmung	
	Wert	Einheit
<b>Wirtschaftlichkeit</b>		
<b>Kenndaten</b>		
Investition	26.361	€
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	399,4	m <sup>2</sup>
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	66,00	€/m <sup>2</sup>
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	18.150	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	17.213	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	938	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	5	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	268.582	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	278,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	253.103	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	262,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	15.478	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	6	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	16.453	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	15.813	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	640	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	3,9	%
Nutzungsdauer	45	a

Sanierungsvariante		SV2: Kellerdeckendämmung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
dynamische Amortisation		25	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,04	€/kWh

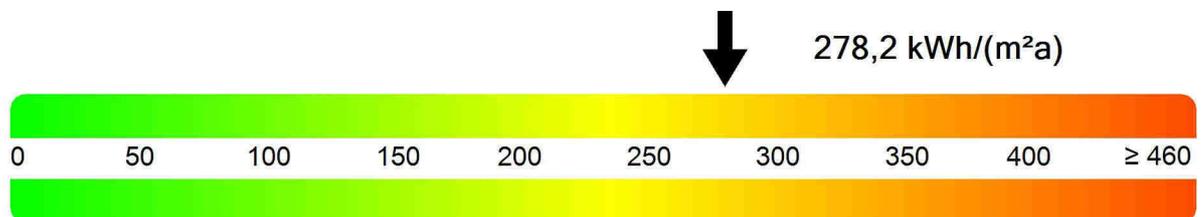
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

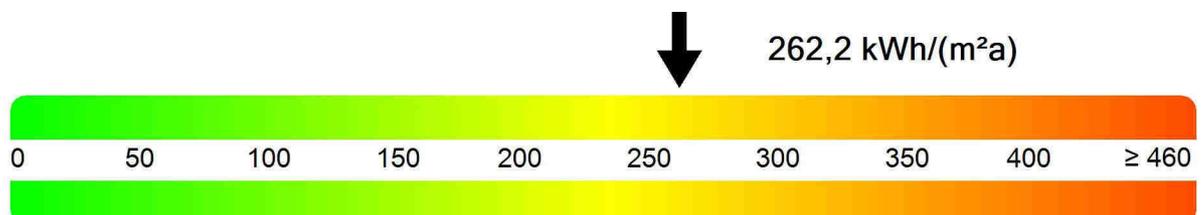
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.6 SV3: Dachsanierung

### Dachsanierung:

Die Flachdachbereiche werden entsprechend den Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Entsprechend der aktuellen Energieeinsparverordnung wird ein U-Wert von 0,2 W/m<sup>2</sup>K gefordert. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Simulation wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt, als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt 0,14 W/m<sup>2</sup>K.

Sanierungsvariante		SV3: Dachsanierung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Investition		136.765	€
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)		690,7	m <sup>2</sup>
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)		198,00	€/m <sup>2</sup>
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>		18.150	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante		14.590	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr		3.560	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr		20	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>		268.582	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation		278,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		209.754	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		217,3	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung		58.827	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		22	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>		16.453	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		14.032	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		2.421	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		14,7	%

Sanierungsvariante		SV3: Dachsanierung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		33	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,05	€/kWh

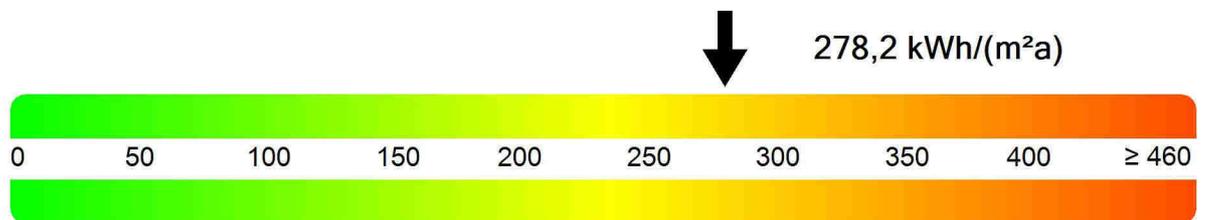
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

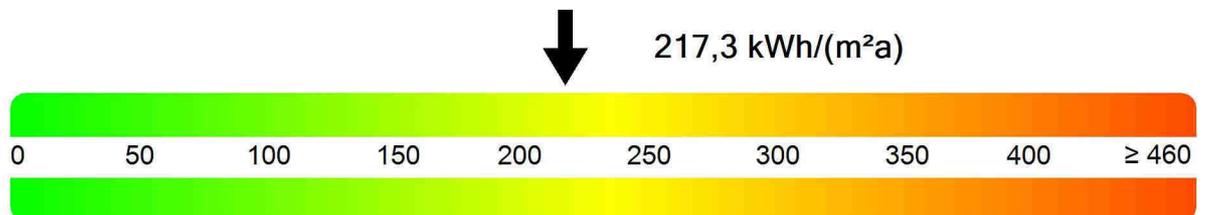
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.7 SV4: Außenwanddämmung

### **Außenwanddämmung Altbau durch Hohlraumverfüllung:**

Als Alternative zur Innenwanddämmung besteht, bei einer ausreichend starken Luftschicht zwischen Hintermauerung und Klinker, die Möglichkeit einer Hohlraumdämmung. Hierfür sollte eine Mauerwerksuntersuchung mittels Endoskop vorgenommen werden. Für die Simulation wird eine Luftschicht von 6 cm zugrunde gelegt. Durch das Verfüllen dieser Luftschicht könnte der U-Wert erheblich verbessert werden. Für die Berechnung wird daher ein U-Wert von 0,499 W/m<sup>2</sup>K angesetzt.

### **Außenwanddämmung Altbau Mauerwandstärke 24 cm:**

Die Wandflächen der Schlauchpflegerei auf der Westseite des Gebäudes werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Die Wandfläche besteht aus einer massiven Wand mit einer Stärke von 24 cm. Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen beträgt  $\leq 0,24$  W/m<sup>2</sup>K. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Berechnung wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt, als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt 0,173 W/m<sup>2</sup>K. Die Mehrkosten hieraus resultieren nur aus der zusätzlichen Dämmstoffstärke. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten. Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Die Dämmschicht wird vollflächig angebracht und verdübelt. Die Gestaltung der äußeren Schicht kann individuell durch z. B. Putz 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 erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

<b>Sanierungsvariante</b>		<b>SV4: Außenwanddämmung</b>	
<b>Wirtschaftlichkeit</b>			
<b>Kenndaten</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>	
Investition	12.519	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	61,7 59,4	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	23,10 186,73	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	18.150	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	17.328	€/a	

Sanierungsvariante		SV4: Außenwanddämmung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Energiekostensparnis im ersten Jahr		822	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr		5	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>		268.582	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation		278,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		255.008	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		264,1	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung		13.573	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		5	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>		16.453	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		15.892	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		560	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		3,4	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		15	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,02	€/kWh

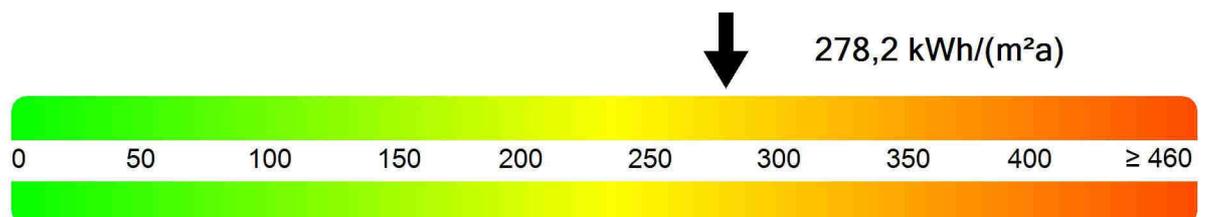
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

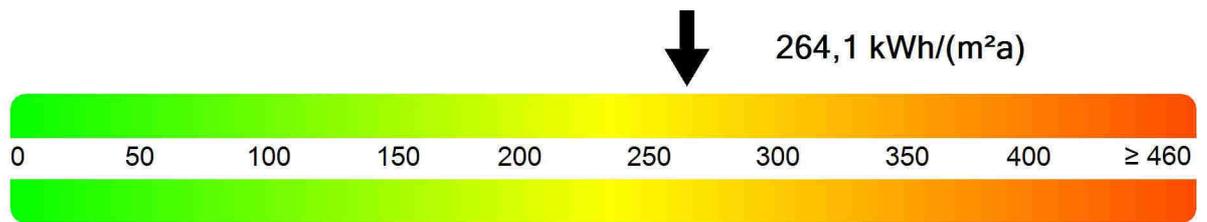
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.8 SV5: Fenstererneuerung Schlauchpflegerei

### Fenstererneuerung Schlauchpflegerei Westseite:

Die vorhandenen alten Fenster auf der Westseite der Schlauchpflegerei sollten entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) ausgetauscht werden. Der aktuelle Uw-Wert beträgt 1,3 W/m<sup>2</sup>K. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung wird der rechnerische Uw-Wert um ca. 30 % gegenüber der aktuellen EnEV gesenkt. In dieser Simulation wird daher ein Uw-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		SV5: Fenstererneuerung Schlauchpflegerei	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	39.585	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	49,5	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	800,00	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	18.150	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	17.697	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	454	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	3	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	268.582	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	278,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	261.069	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	270,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	7.512	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	3	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	16.453	kg/a	

Sanierungsvariante		SV5: Fenstererneuerung Schlauchpflegerei	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup> )		16.146	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup> )		307	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup> )		1,9	%
Nutzungsdauer		30	a
dynamische Amortisation		63	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup> )		0,08	€/kWh

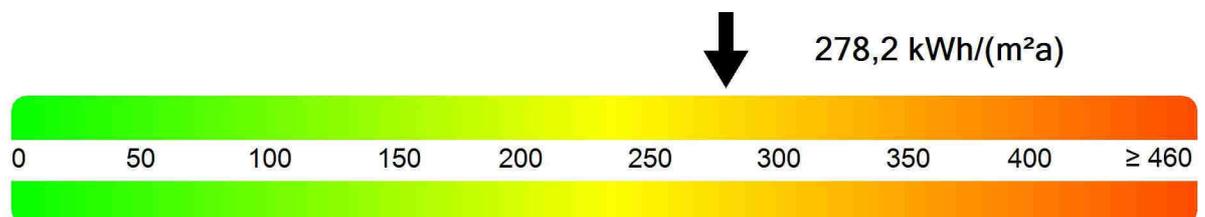
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

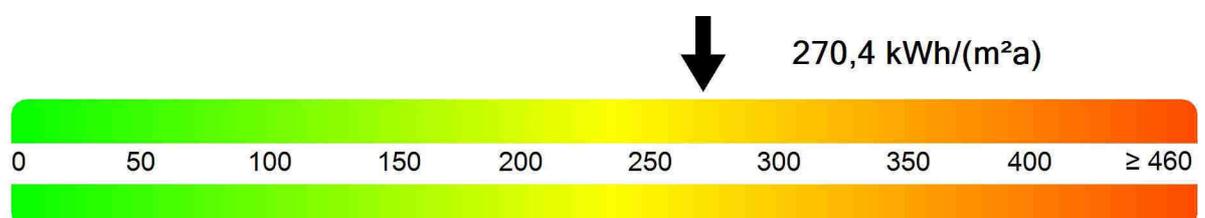
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.9 SV6: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV4

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Heizungsoptimierung
- SV2: Kellerdeckendämmung
- SV3: Dachsanierung
- SV4: Außenwanddämmung
- SV5: Fenstererneuerung Schlauchpflegerei

zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV6: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV4	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	193.379	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	18.150	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	13.066	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	5.084	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	28	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	268.582	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	278,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	184.615	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	191,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	83.966	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	31	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	16.453	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	12.977	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	3.476	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	21,1	%	

Sanierungsvariante		SV6: Gemeinsame Umsetzung von SV1 bis SV4	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		35	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,05	€/kWh

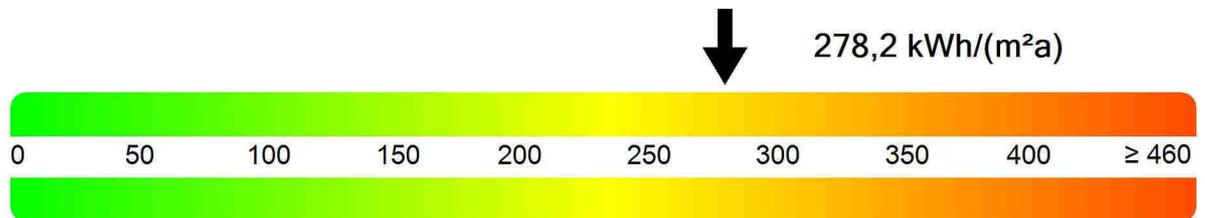
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

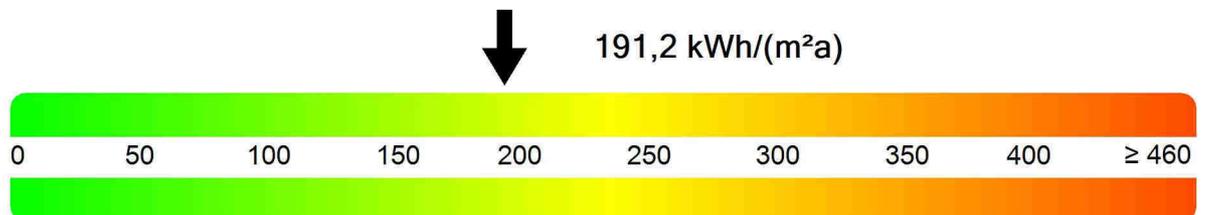
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:** KSTK KFZ Nütschau Büro  
Lindenstraße 82  
23843 Bad Oldesloe

Greven, 15.03.2020

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	10
2.4 Wärmebrücken .....	11
2.5 Dachbegrünung .....	11
2.6 Anlagentechnik .....	13
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	22
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	22
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	24
2.7.3 Emissionen .....	25
2.8 Gebäudebetrachtung .....	26
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	26
2.8.2 Energiekosten .....	27
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	27
3 Sanierungsvarianten .....	28
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	28
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	29
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	29
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	30
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	31
4.4 SV1: Heizungsoptimierung .....	32
4.5 SV2: Flachdachsanierung .....	34
4.6 SV3: Gemeinsame Umsetzung von SV1 und SV2 .....	36

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht vom Büro der KFZ Nütschau wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 des Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde anhand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Verwaltung
Baujahr	1978
Baujahr des Wärmeerzeugers	2012
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	2.822,4
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	935,0
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	1.763,0
Anzahl der Geschosse	2
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreis Stormarn Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton
Kellerdecke	Stahlbeton
Geschossdecken	Stahlbeton
oberste Geschossdecke	
Außenwand	Mauerwerk mit Luftschicht und Dämmung
Dach	Flachdach, Holzkonstruktion
Fenster	Isolierverglasung mit Kunststoffrahmen

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Haupteingang zum Büro des Feuerwehrverbandes



Bild 2: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 3: Küche im Untergeschoß



Bild 4: Kantine im Untergeschoß



Bild 5: Seminarräumlichkeit



Bild 6: Westseite des nördlichen Bürobereiches



Bild 7: Westseite des südlichen Bürobereiches



Bild 8: Südgiebel



Bild 9: Ostseite mit dem Kantinenbereich im Untergeschoß und den südlichen Seminarräumen im Obergeschoß



Bild 10: Ostseite mit den Besprechungsräumen im Untergeschoß und den nördlichen Seminarräumen im Obergeschoß

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Bodenplatte	543,83	543,83	1,00	0,30
AW gegen Erdreich	183,96	176,05	1,00	0,30
Kellerfenstertyp 1		3,06	1,5	1,30
Kellerfenstertyp 2		2,38	1,5	1,30
Kellerfenstertyp 3		2,47	1,5	1,30
AW gegen Luft N	126,19	126,19	0,56	0,24
AW gegen Luft W	99,98	69,31	0,56	0,24
Fenster 1		3,23	1,5	1,30
Fenster 2 EG		9,33	1,5	1,30
Fenstertür Eingang EG		6,33	1,5	1,30
Fensterfassade Treppenhaus EG		6,45	1,5	1,30
Fenster 3 EG		3,12	1,5	1,30
Fenstertür EG		2,21	1,5	1,30
AW gegen Luft S	112,13	87,24	0,56	0,24
Fenster 1 Küche UG		5,49	1,5	1,30
Fenstertür Küche und Kantine		4,92	1,5	1,30
Fenster 2 EG		9,33	1,5	1,30
Fensterfassade Eingang EG		5,15	1,5	1,30
AW gegen Luft O	209,81	110,61	0,56	0,24
Fenster 1 UG Kantine		6,42	1,5	1,30
Fenstertür UG Kantine		12,65	1,5	1,30
Fenster 2 UG Kantine		11,09	1,5	1,30
Fenster 3 UG		3,10	1,5	1,30
Fenster 4 UG		5,74	1,5	1,30
Fenster 5 UG		6,19	1,5	1,30

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Fenster 6 EG		23,15	1,5	1,30
Fenster 7 EG		3,10	1,5	1,30
Fenster 8 EG		27,77	1,5	1,30
Flachdach	487,15	486,34	0,80	0,20
Dachoberlicht		0,81	3,0	1,40
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>1.763,05</b>		

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

**Vorteile:**

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrüungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrüung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*
- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

**Nachteile:**

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrüung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

**Am untersuchten Gebäude ist eine Begrüung der Dachflächen möglich. Jedoch sollte vorab eine statische Untersuchung erfolgen, um sicherzustellen, dass die zusätzliche Auflasten sicher abgetragen werden.**

## 2.6 Anlagentechnik

### Beheizung

Das betrachtete Gebäude wird über den im gegenüberliegenden Gebäude installierten Pelletkessel mit Heizenergie und Warmwasser versorgt. Es bestehen mehrere Heizkreise.

#### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

Wärmeerzeugungereinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

1. Nah-/Fernwärme 1

Erzeuger	Nah-/Fernwärme
Baujahr	2012
Art des Erzeugers	Wasser - niedrige Temperatur
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Energieträger	Nah/Fernwärme aus Heizwerken - erneuerbarer Brennstoff

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	70,0/55,0
Betriebsweise bei mehreren Prozessbereichen	Vorrangbetrieb
Dämmklasse Sekundär-/Primärseite	Sekundär 4, Primär 5
Regelung innerhalb der Station	nein
Nennleistung Fernwärmehausstation [kW]	47,29 (Standardwert)

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung der wärmeerzeugenden Anlage zum jetzigen Zeitpunkt nicht sinnvoll.

Ein hydraulischer Abgleich ist nicht durchgeführt worden bzw. liegt schon länger zurück.

## Warmwasserbereitung

### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

Erzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

1. Nah-/Fernwärme 1

Erzeuger	Nah-/Fernwärme
Baujahr	2012
Art des Erzeugers	Wasser - niedrige Temperatur
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Energieträger	Nah/Fernwärme aus Heizwerken - erneuerbarer Brennstoff

***Die Warmwasserbereitung des Büros der KFZ Nütschau erfolgt über den im gegenüberliegende Gebäude installierten Pelletkessel.***

## 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 ausschließlich über die vorhandenen Fenster und Türen.***

## Beleuchtung

In den betrachteten Gebäuden befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58W sowie mit elektronischen Vorschaltgeräten [EVG].

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

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

### Z1: 19 Verkehrsfläche

Fläche [m <sup>2</sup> ]	183,90 (19,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	50,35
Fläche ohne Tageslicht $A_{KTL}$ [m <sup>2</sup> ]	133,55
lichte Raumhöhe [m]	3,15 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenstertür Eingang EG – AW gegen Luft W
Fensterfassade Treppenhaus EG – AW gegen Luft W
Fenstertür EG – AW gegen Luft W
Fensterfassade Eingang EG – AW gegen Luft S

### Z2: 02 Gruppenbüro (2 - 6 Arbeitsplätze)

Fläche [m <sup>2</sup> ]	126,92 (13,6 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	81,99
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	44,93
lichte Raumhöhe [m]	3,15 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 2 EG – AW gegen Luft S (2mal)
Fenster 1 – AW gegen Luft W
Fenster 2 EG – AW gegen Luft W (2mal)
Fenster 3 EG – AW gegen Luft W
Fenster 3 UG – AW gegen Luft O
Fenster 4 UG – AW gegen Luft O

**Z3: 04 Besprechung, Sitzung, Seminar**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	87,80 (9,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	38,27
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	49,53
lichte Raumhöhe [m]	3,15 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 5 UG – AW gegen Luft O
Fenster 4 UG – AW gegen Luft O

**Z4: 08 Klassenzimmer, Gruppenraum**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	217,99 (23,3 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	138,30
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	79,69

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 6 EG – AW gegen Luft O (2mal)
Fenster 8 EG – AW gegen Luft O (2mal)

**Z5: 12 Kantine**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	106,58 (11,4 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	83,26
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	23,32
lichte Raumhöhe [m]	3,15 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenstertür Küche und Kantine – AW gegen Luft S
Fenster 1 UG Kantine – AW gegen Luft O (2mal)
Fenstertür UG Kantine – AW gegen Luft O (2mal)
Fenster 2 UG Kantine – AW gegen Luft O

**Z6: 14 Küche in NWG**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	40,55 (4,3 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	33,01
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	7,54
lichte Raumhöhe [m]	3,15 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt/Indirekt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Kellerfenstertyp 3 – AW gegen Erdreich (2mal)
Fenstertür Küche und Kantine – AW gegen Luft S
Fenster 1 Küche UG – AW gegen Luft S

**Z7: 16 WC und Sanitärräume in NWG**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	52,08 (5,6 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	52,08
lichte Raumhöhe [m]	3,15 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Z8: 20 Lager, Technik, Archiv**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	119,14 (12,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	39,06
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	80,08
lichte Raumhöhe [m]	3,15 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Kellerfenstertyp 1 – AW gegen Erdreich (3mal)
Kellerfenstertyp 2 – AW gegen Erdreich (2mal)
Fenster 1 – AW gegen Luft W
Fenster 7 EG – AW gegen Luft O

## Einstufung von Solar und Photovoltaik

### **Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung**

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**Eine Nutzung von Solarenergie für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung ist möglich. Jedoch auf Grund des Pelletkessels maximal für die Warmwassererzeugung sinnvoll. Auch diese Möglichkeit sollte auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht werden.**

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig

in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreuung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**An der Südseite des Schlauchturms wurde schon eine PV-Anlage mit ca. 15 kWp installiert. Auf dem Dach des Neubaugebäudes ist ebenfalls eine ca. 12 kWp Anlage installiert. Der so erzeugte Strom wird in erster Linie auf der Liegenschaft verbraucht bzw. ins öffentliche Netz eingespeist.**

**Die zusätzliche Nutzung von Photovoltaik ist auf dem Flachdach des Büro-/Lehrsaalgebäudes möglich, jedoch sollte auf Grund der vorhandenen Dachkonstruktion, vor der Installation eine statische Untersuchung erfolgen.**

## **2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen**

### **2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

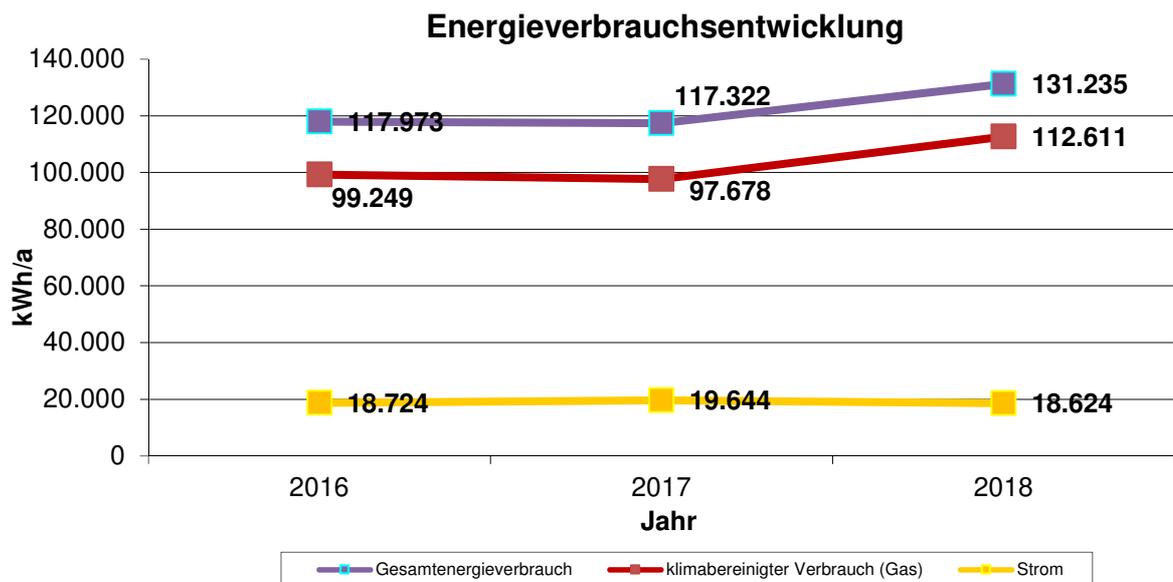
- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der letzten drei Jahre wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

**Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch**

Jahr	Heizung (Gas) [kWh/a]	Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	Klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	Wasser [m <sup>3</sup> /a]
2016	96.358	1,03	99.249	18.724	117.973	223
2017	93.026	1,05	97.678	19.644	117.322	157
2018	88.670	1,27	112.611	18.624	131.235	149
Mittelwert :	92.685		103.179	18.997	122.177	176

**Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:**



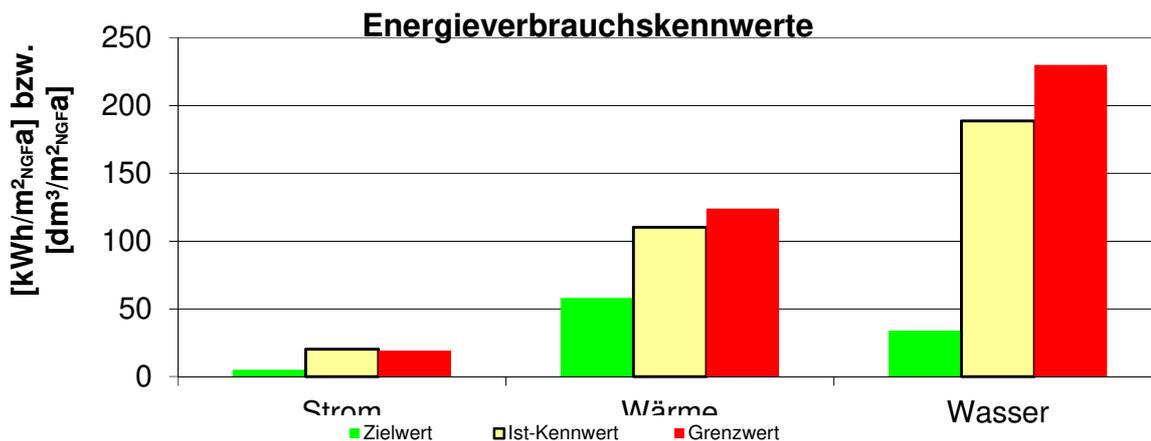
## 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>3</sup>

Feuerwehren	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	20	19
Wärme	58	110	124
Wasser	34	189	230

Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreis Stormarn

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



<sup>3</sup> 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)

### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren des Kreises Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2018 errechnet.

<b>Energieträger</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor [g/kWh]</b>	<b>Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]</b>
Erdgas	245	0	0
Pellets	241	88.670	21.369
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	0	0
Strom	497	18.624	9.256
Summe:		107.294	30.625

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>101,62</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>6,61</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,00</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>5,63</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser)</b>	<b>108</b>

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

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.

→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe des Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Nahwärme KFZ Büro	kWh	0,065	1,50	241,0
KFZ Büro Strom-Mix	kWh	0,219	3,00	584,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Heizungsoptimierung

SV2: Flachdachsanierung

SV3: Gemeinsame Umsetzung von SV1 und SV2

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus bis zu 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

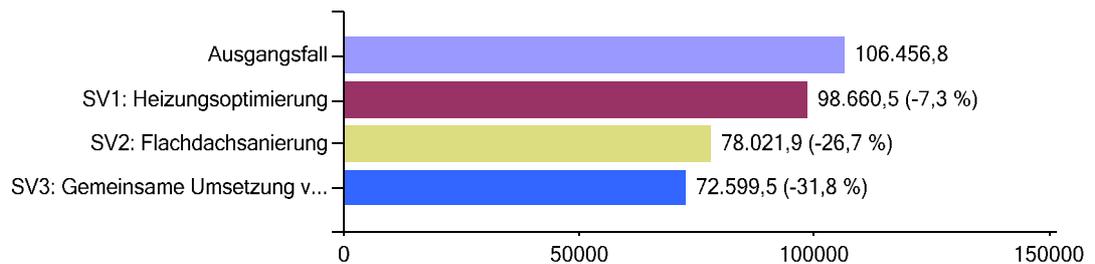
Parameter	Ausgangsfall	SV1: Heizungs-optimierung	SV2: Flachdach-sanierung	SV3: Gemeinsame Umsetzung von SV1 und SV2
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	7.150	96.295	103.445
Nutzungsdauer [a]	-	10	45	45
dynamische Amortisation [a]	-	12	34	35
Kosten/ Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,08	0,08	0,07
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>4)</sup>	7.773	7.252	5.916	5.553
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	521	1.857	2.220
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	7	24	29
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	106.457	98.660	78.022	72.600
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	7.796	28.435	33.857
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	7	27	32
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	23.393	22.396	20.422	19.712
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	996	2.971	3.681
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	4	13	16
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	27.557	25.646	20.685	19.354
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	1.911	6.872	8.204
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	6,9	24,9	29,8

<sup>4)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

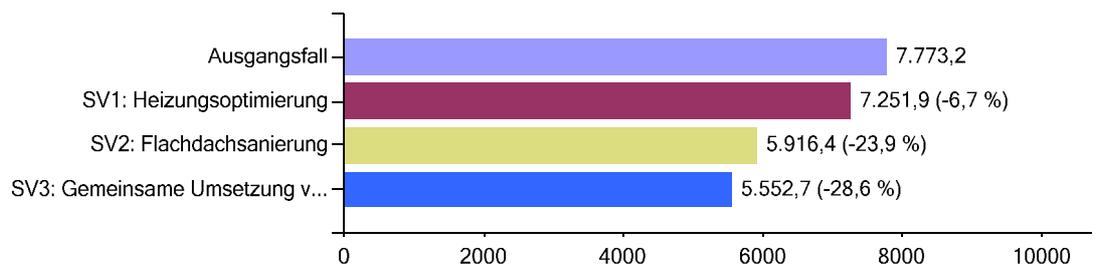
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



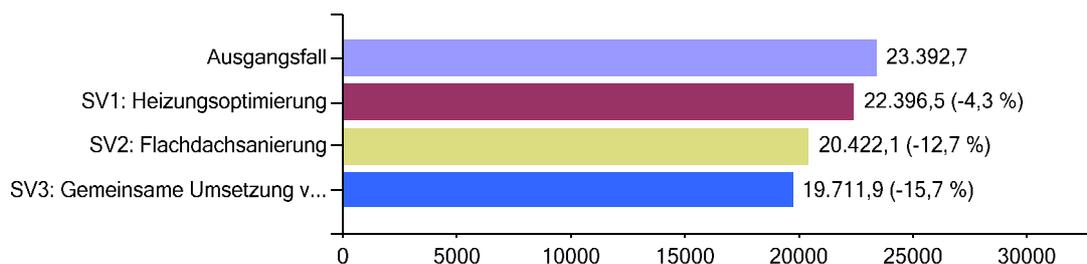
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

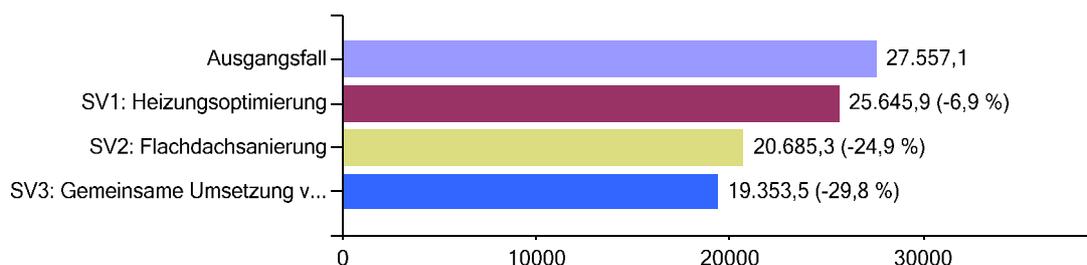
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Heizungsoptimierung

### Hydraulischer Abgleich:

Für das Gebäude wird eine Heizlast- und Volumenstromberechnung durchgeführt. 1K-Ventile einschließlich Thermostate ersetzen die alten 2K-Heizungsventile. Nach Möglichkeit wird eine Einzelraumregelung installiert. Danach wird die Heizungsanlage entsprechend der Volumenstromberechnung hydraulisch abgeglichen. Sämtliche Heizungsrohre der Verteilleitungen im Keller werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Mit dem hydraulischen Abgleich des Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen erreichen. Das führt zu optimierten Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Stromseite aus.

Sanierungsvariante	SV1: Heizungsoptimierung	
	Wert	Einheit
Investition	7.150	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	7.773	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	7.252	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	521	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	7	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	106.457	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	113,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	98.660	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	105,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	7.796	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	7	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	27.557	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	25.646	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	1.911	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	6,9	%
Nutzungsdauer	10	a

Sanierungsvariante		SV1: Heizungsoptimierung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
dynamische Amortisation		12	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,08	€/kWh

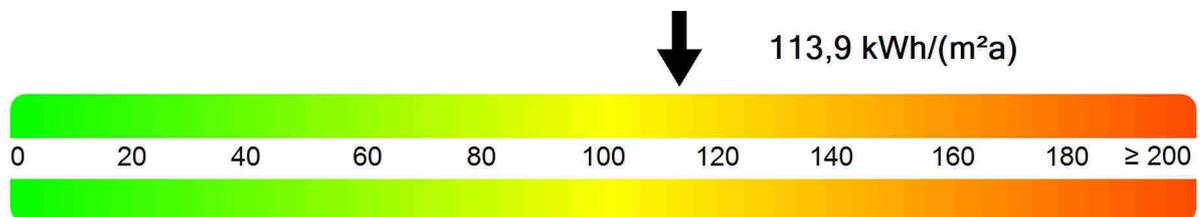
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

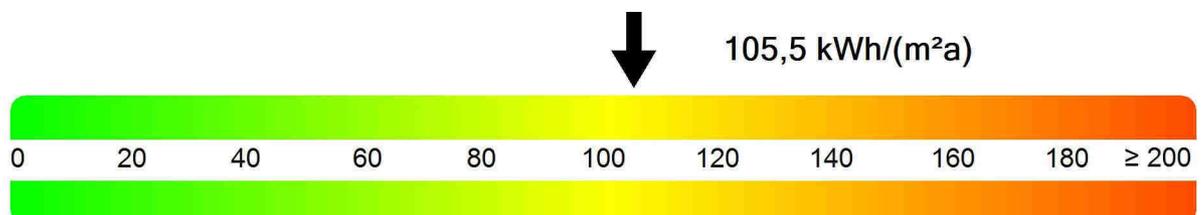
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Flachdachsanierung

### Flachdachsanierung:

Die Flachdachbereiche werden entsprechend den Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Entsprechend der aktuellen Energieeinsparverordnung wird ein U-Wert von 0,2 W/m<sup>2</sup>K gefordert. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Simulation wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt, als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt 0,14 W/m<sup>2</sup>K.

Sanierungsvariante Wirtschaftlichkeit Kenndaten	SV2: Flachdachsanierung	
	Wert	Einheit
Investition	96.295	€
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	486,3	m <sup>2</sup>
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	198,00	€/m <sup>2</sup>
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	7.773	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	5.916	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	1.857	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	24	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	106.457	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	113,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	78.022	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	83,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	28.435	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	27	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	27.557	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	20.685	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	6.872	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	24,9	%

Sanierungsvariante		SV2: Flachdachsanierung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		34	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,08	€/kWh

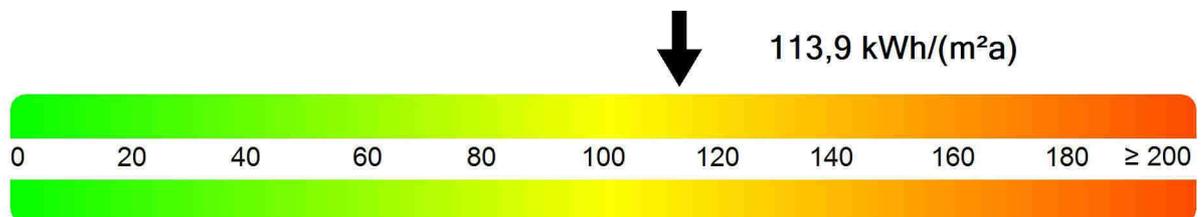
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

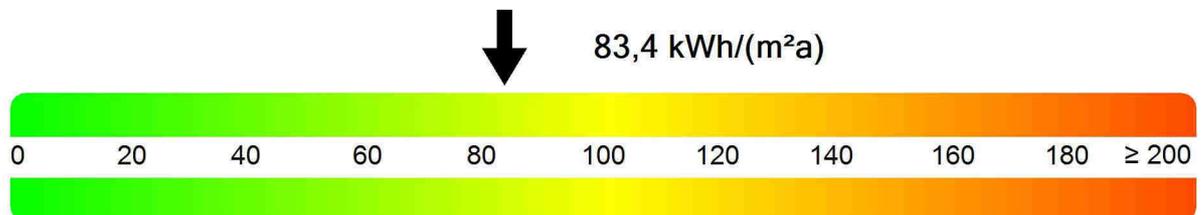
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.6 SV3: Gemeinsame Umsetzung von SV1 und SV2

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Heizungsoptimierung
- SV2: Flachdachsanierung

zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV3: Gemeinsame Umsetzung von SV1 und SV2	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	103.445	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	7.773	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	5.553	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	2.220	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	29	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	106.457	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	113,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	72.600	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	77,6	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	33.857	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	32	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	27.557	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	19.354	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	8.204	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	29,8	%	
Nutzungsdauer	45	a	
dynamische Amortisation	35	a	

Sanierungsvariante		SV3: Gemeinsame Umsetzung von SV1 und SV2	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,07	€/kWh

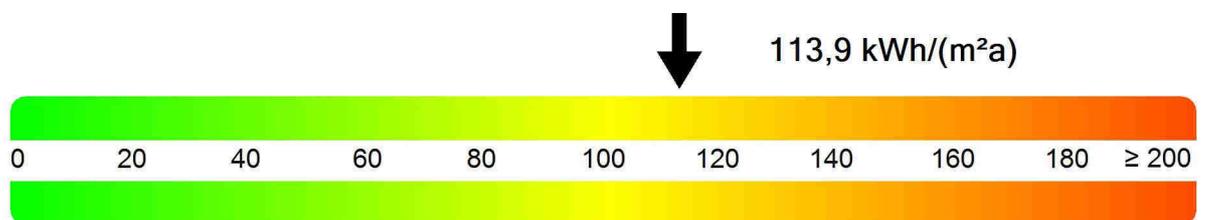
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

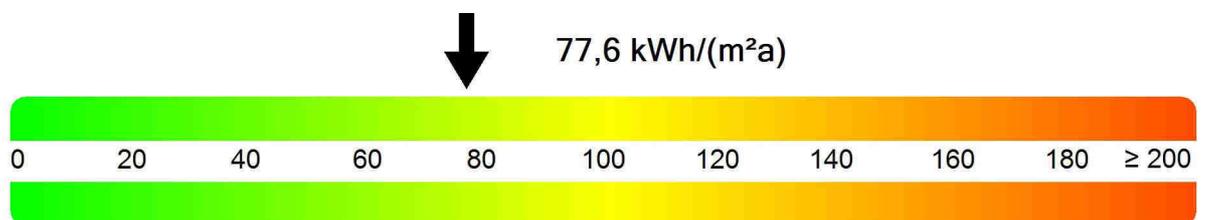
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:**

**KSTK Woldenhornschule BA I  
Schulstraße 13  
22926 Ahrensburg**

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	12
2.4 Wärmebrücken .....	14
2.5 Dachbegrünung .....	14
2.6 Anlagentechnik .....	16
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	27
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	27
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	29
2.7.3 Emissionen .....	30
2.8 Gebäudebetrachtung .....	31
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	31
2.8.2 Energiekosten .....	32
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	32
3 Sanierungsvarianten .....	33
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	33
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	34
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	34
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	36
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	37
4.4 SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich .....	38
4.5 SV2: Beleuchtungssanierung mit LED .....	40
4.6 SV3: Innendämmung der Außenwände .....	42
4.7 SV4: Außenwanddämmung durch VHF .....	44
4.8 SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3 .....	47
4.9 SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4 .....	49
4.10 SV7: Photovoltaikanlage .....	51

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht der Woldenhornschule BA I wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 für den Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde anhand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Schule
Baujahr	1951
Baujahr des Wärmeerzeugers	2001 (Brennwertkessel) 2014 (BHKW)
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	3.928,7
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	1.456,7
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	1.739,6
Anzahl der Geschosse	4
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen der Kreis Stormarn Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton mit Verbundestrich
Kellerdecke	Stahlbeton
Geschossdecken	Stahlbeton
oberste Geschossdecke	Holzkonstruktion
Außenwand	Massivwand mit Ziegelverblender
Dach	Sparrendach
Fenster	Iso-Verglasung mit Kunststoffverglasung

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Haupteingang auf der Westseite und Verbindungsstelle zwischen Altbau BA 1 und Anbau BA 2

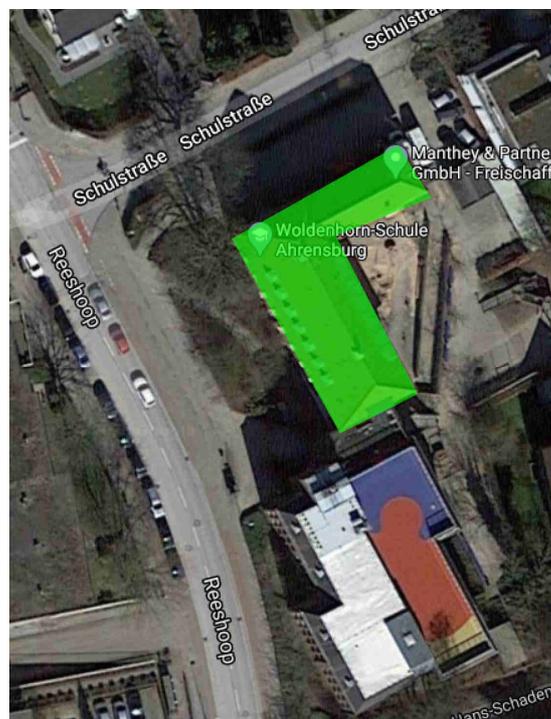


Bild 2: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 3: Brennwertkessel als Spitzenlastkessel und ein BHKW für die Stromerzeugung



Bild 4: Frischwasserstationen für die Warmwasserversorgung



Bild 5: Warmwasserspeicher für das Hallenbad im BA 2



Bild 6: Rauchabzug im Flurbereich des Untergeschosses



Bild 7: Speiseraum im Untergeschoß mit T5-Beleuchtung

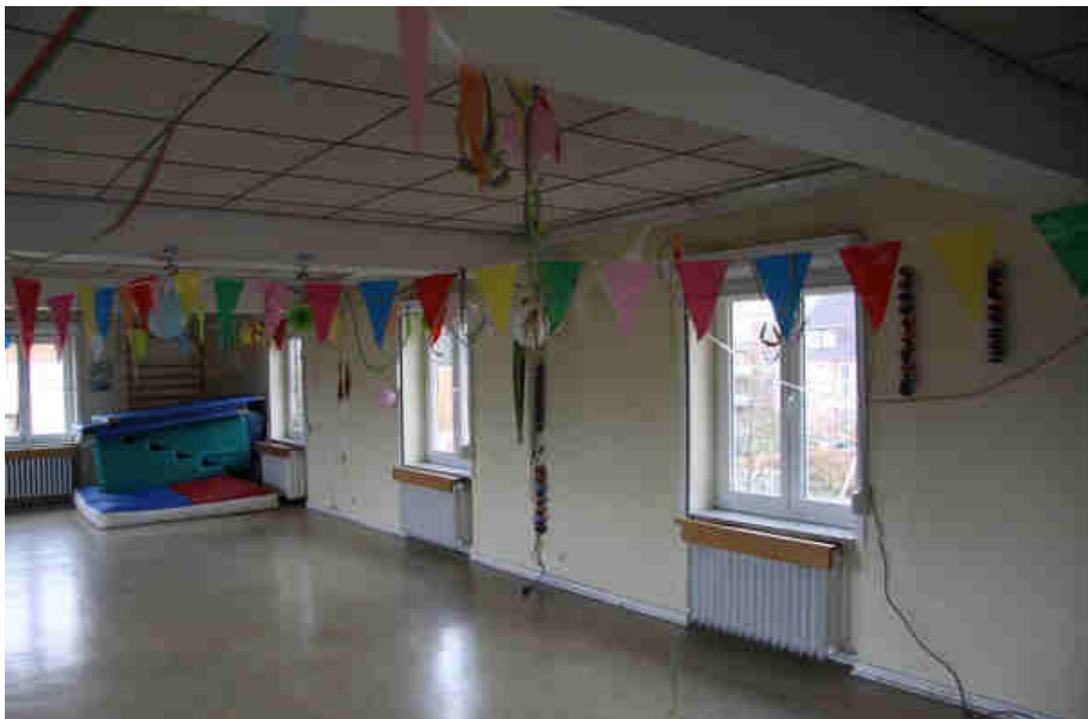


Bild 8: Gymnastikraum im Obergeschoss



Bild 9: Dachansicht des Altbaus



Bild 10: Westseite des Altbaus



Bild 11: West- und Südseite des Altbaus



Bild 12: Ostgiebel des Ostraktes



Bild 13: Nordseite mit Nordgiebel des Haupttraktes und seitlichem Anbau des Osttraktes

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme, sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten), wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Bodenplatte	436,52	436,52	1,50	0,30
AW West gegen Erdreich BAI	20,35	20,35	1,40	0,30
AW West BAI	257,12	205,67	1,40	0,24
Fenster 1 1,2*0,6 m		4,32	1,9	1,30
Fenster 2 1,135*1,2 m		2,74	1,9	1,30
Fenster 3 1,16*1,95 m		24,88	1,9	1,30
Fenster 4 1,2*1,40 m		16,80	1,9	1,30
verglaste Eingangstür 1,17*2,32 m		2,71	1,9	1,30
AW Nord gegen Erdreich BAI	36,63	36,63	1,40	0,30
AW Nord BAI	195,63	163,51	1,40	0,24
Fenster 1 1,2*0,6 m		2,88	1,9	1,30
Fenster 2 1,135*0,635 m		0,73	1,9	1,30
Fenster 3 1,16*1,89 m		2,19	1,9	1,30
Fenster 4 1,20*1,95 m		11,70	1,9	1,30
Fenster 5 1,2*1,40 m		10,08	1,9	1,30
Fenster 6 1,4*1,40 m		1,96	1,9	1,30
verglaste Eingangstür 1,2*2,15 m		2,58	1,9	1,30
AW Ost gegen Erdreich BAI	8,76	8,76	1,40	0,30
AW Ost BAI	269,50	219,06	1,40	0,24
Fenster 1 1,2*1,52m		10,94	1,9	1,30
Fenster 2 1,8*1,52m		1,82	1,9	1,30
Fenster 3 1,2*1,95m		18,72	1,9	1,30
Fenster 4 1,2*1,46m		15,77	1,9	1,30

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
verglaste Eingangstür 1,42*2,24 m		3,18	1,9	1,30
AW Süd BAI	160,42	132,46	1,40	0,24
Fenster 1 1,2*1,52m		1,82	1,9	1,30
Fenster 2 0,51*1,00m		0,51	1,9	1,30
Fenster 3 1,2*1,60m		5,76	1,9	1,30
Fenster 4 1,2*1,95m		9,36	1,9	1,30
Fenster 5 1,2*1,46m		7,01	1,9	1,30
verglaste Eingangstür 1,75*2,00 m		3,50	1,9	1,30
Dachfläche West	59,54	59,54	0,80	0,24
Dachfläche Nord	84,36	84,36	0,80	0,24
Dachfläche Ost	59,45	59,45	0,80	0,24
Dachfläche Süd	21,20	21,20	0,80	0,24
Gaubenfront West	30,14	22,08	1,40	0,24
Fenster 1 1,20*0,96m		8,06	1,9	1,30
Gaubenfront Ost	26,51	19,60	1,40	0,24
Fenster 1 1,20*0,96m		6,91	1,9	1,30
Gaubenfront Süd	7,24	1,92	1,40	0,24
Fenstertür 1 2,89*1,84m		5,32	1,9	1,30
Gaubenwange Nord	2,39	2,39	1,40	0,24
Gaubenwange Süd	2,39	2,39	1,40	0,24
Gaubenwange West	1,38	1,38	1,40	0,24
Gaubenwange Ost	1,38	1,38	1,40	0,24
Gaubendach West	27,10	27,10	0,80	0,24
Gaubendach Ost	25,23	25,23	0,80	0,24
Gaubendach Süd	6,35	6,35	0,80	0,24
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>1.739,60</b>		

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

### Vorteile:

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*

- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

**Nachteile:**

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen

**Bei der jetzigen Dachkonstruktion ist eine nachträgliche Begrünung nicht möglich**

## 2.6 Anlagentechnik

### Beheizung

In dem betrachteten Gebäude gibt es einen Gasbrennwertkessel und ein BHKW, welches zur Stromerzeugung genutzt wird. Die entstehende Abwärme wird für die Beheizung des Gebäudes wie auch zur Warmwassererzeugung für das Schwimmbecken im BA 2 genutzt.

#### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

Wärmeerzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	2
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

1. Brennwertkessel 1

Erzeuger	Brennwertkessel
Baujahr	2001
Art des Erzeugers	Brennwertkessel
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Trinkwarmwassereinheit	Erzeugereinheit 1

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	80,0/60,0
Nennleistung-Kesselwirkungsgrad aus Abgasverlust	nein
Pumpenmanagement	kein integriertes Pumpenmanagement
elektrische Kesselregelung vorhanden	nein
Art des Brenners	atmosphärischer Brenner
Kessel-Nennleistung [kW]	299,00
Betriebsbereitschaftsverlust bei 70 °C [-]	0,004 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Nennleistung [-]	0,940
elektrische Leistungsaufnahme Nennlast [kW]	0,289 (Standardwert)
Leistungsaufnahme Schlumberbetrieb [kW]	0,000 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Teillast [-]	1,050
Lastbereich Teillast [-]	0,300 (Standardwert)
elektrische Leistungsaufnahme Teillast [kW]	0,100 (Standardwert)

## 2. dezentrale KWK 1

Erzeuger	dezentrale KWK
Baujahr	2014
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Trinkwarmwassereinheit	Erzeugereinheit 1

### Details

Berücksichtigung der Stromproduktion	Verfahren A: Bilanzierung von Brennstoff und Strom
Mikro-KWK-System	nein
Deckungsanteil [-]	0,800
Stromkennzahl [-]	0,500
brennwertbezogener Nutzungsgrad KWK-Anlage [-]	0,920

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht weitestgehend dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung des vorhandenen Brennwertkessels sinnvoll. Dies ist einerseits, um einem möglichen Anlagenversagen vorzubeugen, andererseits auch vor dem Hintergrund ökologischer Optimierungen, durchaus zu empfehlen.

Ein hydraulischer Abgleich ist durchgeführt worden.

## Warmwasserbereitung

### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

#### Erzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	2
Anzahl Speicher	1
Geometrie	
Anzahl der Geschosse	1
Geschosshöhe [m]	3,00
charakteristische Breite [m]	4,78
charakteristische Länge [m]	19,90

#### 1. Brennwertkessel 1

Erzeuger	Brennwertkessel
Baujahr	2001
Art des Erzeugers	Brennwertkessel
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Heizungserzeugereinheit (mit Erzeugerdetails)	Wärmeerzeugereinheit 1

#### 2. dezentrale KWK 1

Erzeuger	dezentrale KWK
Baujahr	2014
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Heizungserzeugereinheit (mit Erzeugerdetails)	Wärmeerzeugereinheit 1

#### 3. Speicher 1

Baujahr	2001
Art des Trinkwarmwasserspeichers	indirekt beheizter Trinkwarmwasserspeicher
Aufstellung des Speichers	stehend
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Speicher-Nenninhalt [l]	500,0
Bereitschafts-Wärmeverlust [kWh/d]	3,19 (Standardwert)
Nennleistungsaufnahme der Pumpe [W]	80,2 (Standardwert)

Speicher und Wärmeerzeuger befinden sich im selben Raum

**Die Warmwasserbereitung der Woldenhornschule BA I erfolgt über vorhandene Wärmeerzeugung und wird vorrangig in der angegliederten Küche benötigt.**

## 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 dem untersuchten Gebäude erfolgt die Be- und Entlüftung ausschließlich über die vorhandenen Fenster und Türen.***

## Beleuchtung

In den betrachteten Gebäuden befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58W sowie mit konventionellem und elektronischen Vorschaltgeräten [KVG, EVG].

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

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

### Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verkehrsfläche

Fläche [m <sup>2</sup> ]	334,42 (23,0 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	83,98
Fläche ohne Tageslicht $A_{KTL}$ [m <sup>2</sup> ]	250,44
lichte Raumhöhe [m]	3,00 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 3 1,16*1,95 m – AW West BAI (3mal)
Fenster 4 1,20*1,95 m – AW Nord BAI (3mal)
Fenster 6 1,4*1,40 m – AW Nord BAI
Fenster 5 1,2*1,40 m – AW Nord BAI
Fenster 1 1,2*0,6 m – AW Nord BAI
verglaste Eingangstür 1,2*2,15 m – AW Nord BAI
verglaste Eingangstür 1,75*2,00 m – AW Süd BAI

### Beleuchtungsbereich 2: Z2 Einzelbüro

Fläche [m <sup>2</sup> ]	36,80 (2,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	22,72
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	14,08
lichte Raumhöhe [m]	3,00 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

verglaste Eingangstür 1,17*2,32 m – AW West BAI
Fenster 3 1,16*1,95 m – AW West BAI
Fenster 4 1,2*1,95m – AW Süd BAI

### Beleuchtungsbereich 3: Z3 Gruppenbüro

Fläche [m <sup>2</sup> ]	45,62 (3,1 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	31,32
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	14,30
lichte Raumhöhe [m]	3,00 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 3 1,16\*1,95 m – AW West BAI (4mal)

### Beleuchtungsbereich 4: Z4 WC, Sanitär

Fläche [m <sup>2</sup> ]	103,86 (7,1 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	52,29
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	51,57
lichte Raumhöhe [m]	3,00 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 3 1,2\*1,95m – AW Ost BAI (4mal)

Fenster 4 1,2\*1,46m – AW Ost BAI (3mal)

### Beleuchtungsbereich 5: Z5 Küche

Fläche [m <sup>2</sup> ]	142,14 (9,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	89,64
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	52,50
lichte Raumhöhe [m]	3,00 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 2 1,135*1,2 m – AW West BAI (2mal)
Fenster 4 1,2*1,40 m – AW West BAI
Fenster 5 1,2*1,40 m – AW Nord BAI
Fenster 2 1,135*0,635 m – AW Nord BAI
Fenster 1 1,2*1,52m – AW Ost BAI (5mal)
Fenster 2 1,8*1,52m – AW Ost BAI
verglaste Eingangstür 1,42*2,24 m – AW Ost BAI

### Beleuchtungsbereich 6: Z6 Sonstige

Fläche [m <sup>2</sup> ]	302,93 (20,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	157,84
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	145,09
lichte Raumhöhe [m]	3,00 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 1 1,2*0,6 m – AW West BAI
Fenster 3 1,16*1,95 m – AW West BAI (3mal)
Fenster 3 1,16*1,89 m – AW Nord BAI
Fenster 5 1,2*1,40 m – AW Nord BAI (4mal)
Fenster 1 1,2*1,52m – AW Ost BAI
Fenster 3 1,2*1,95m – AW Ost BAI (3mal)
Fenster 4 1,2*1,46m – AW Ost BAI (2mal)
Fenstertür 1 2,89*1,84m – Gaubenfront Süd

Fenster 4 1,2*1,95m – AW Süd BAI
Fenster 5 1,2*1,46m – AW Süd BAI (4mal)

### Beleuchtungsbereich 7: Z7 Lager, Technik, Archiv

Fläche [m <sup>2</sup> ]	317,08 (21,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	181,44
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	135,64
lichte Raumhöhe [m]	3,00 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fenster 1 1,2*0,6 m – AW West BAI (5mal)
Fenster 1 1,2*0,6 m – AW Nord BAI (3mal)
Fenster 3 1,2*1,95m – AW Ost BAI
Fenster 1 1,20*0,96m – Gaubenfront Ost (6mal)
Fenster 1 1,20*0,96m – Gaubenfront West (7mal)
Fenster 1 1,2*1,52m – AW Süd BAI
Fenster 3 1,2*1,60m – AW Süd BAI (3mal)
Fenster 2 0,51*1,00m – AW Süd BAI

### Beleuchtungsbereich 8: Z8 Besprechung, Sitzung, Seminar

Fläche [m <sup>2</sup> ]	39,50 (2,7 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	32,40
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	7,10
lichte Raumhöhe [m]	3,00 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein
<b>Fenster</b>	
Fenster 4 1,20*1,95 m – AW Nord BAI (2mal)	
Fenster 4 1,2*1,95m – AW Süd BAI (2mal)	
<b>Beleuchtungsbereich 9: Z9 Klassenzimmer, Gruppenraum</b>	
Fläche [m <sup>2</sup> ]	134,33 (9,2 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	84,57
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	49,76
lichte Raumhöhe [m]	3,00 (Standardwert)
<b>Kunstlicht</b>	
Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG
<b>Beleuchtungskontrolle</b>	
Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein
<b>Fenster</b>	
Fenster 4 1,2*1,40 m – AW West BAI (9mal)	
Fenster 4 1,2*1,46m – AW Ost BAI (4mal)	

## Einstufung von Solar und Photovoltaik

### **Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung**

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**Eine Nutzung von Solarenergie für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung ist möglich. Sinnvoll ist die Nutzung aber nicht, da das installierte BHKW mit seiner Abwärme für die Wärmeversorgung sorgt. Der hohe Wärmebedarf für das angrenzende Schwimmbad sorgt auch für eine hohe Laufzeit des BHKW.**

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2020 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreibung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2020, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**Eine Nutzung von Solarenergie durch eine Photovoltaikanlage ist auf dem südlich ausgerichteten Dach des Anbaus möglich. Jedoch sollte durch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung die Sinnhaftigkeit solch einer Maßnahme untersuchen.**

## **2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen**

### **2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

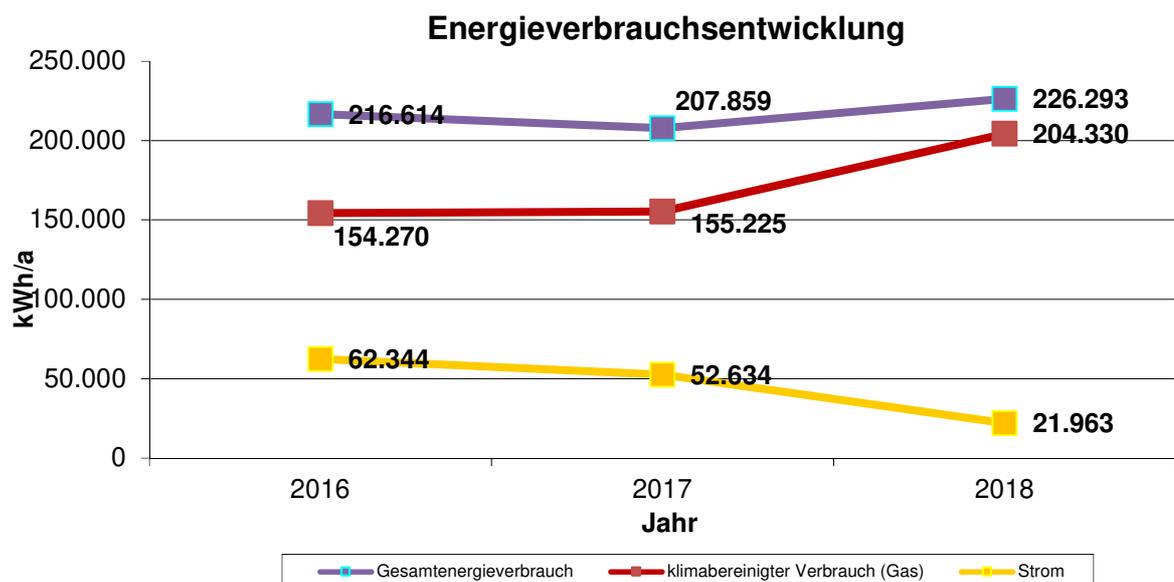
- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre 2016 bis 2018 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen. Da eine bauabschnittsweise Verbrauchserfassung nicht erfolgt, wurde der Gesamtverbrauch flächenanteilig auf die Bauabschnitte 1 bis 3 aufgeteilt.

### Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	Heizung (Gas) [kWh/a]	Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	Klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	Wasser [m³/a]
2016	149.777	1,03	154.270	62.344	216.614	725
2017	147.833	1,05	155.225	52.634	207.859	796
2018	160.890	1,27	204.330	21.963	226.293	823
Mittelwert:	152.833		171.275	45.647	216.922	781

### Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



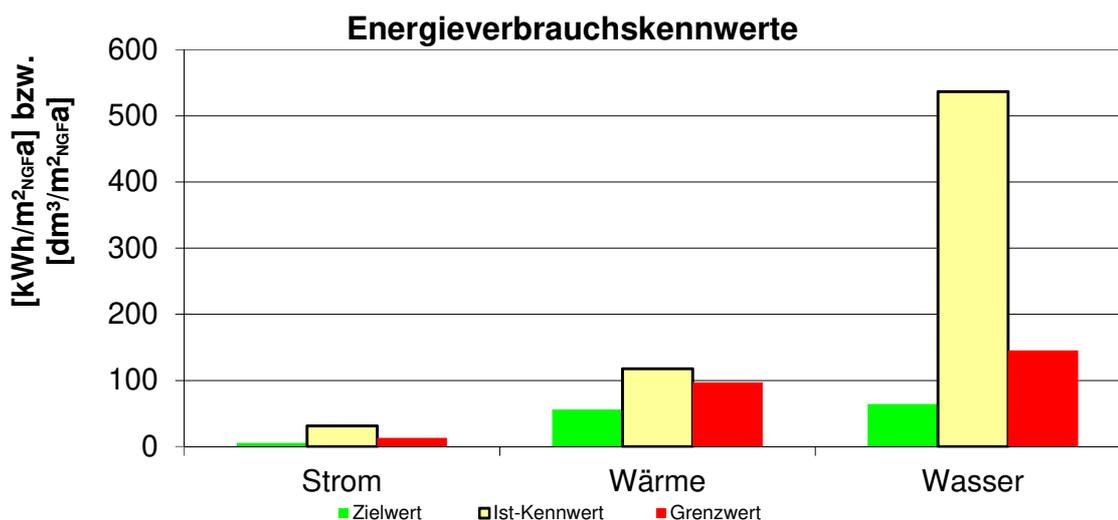
## 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>3</sup>

Schulen ohne Turnhalle	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	31	13
Wärme	56	118	97
Wasser	64	536	145

Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreis Stormarn

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



<sup>3</sup> 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)

### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren des Kreises Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2018 errechnet.

<b>Energieträger</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor [g/kWh]</b>	<b>Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]</b>
Erdgas	245	160.890	39.418
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	0	0
Strom	497	21.963	10.916
Summe:		182.853	50.334

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>120,36</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>10,95</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>0,00</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>7,09</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser)</b>	<b>131</b>

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

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und, bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen, unbedingt zu berücksichtigen.

→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe der Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Woldenhornschnule BA I Erdgas	kWh	0,060	3,00	211,0
Woldenhornschnule BA I Strom-M	kWh	0,080	3,00	584,0
Woldenhornschnule BA I Strom-M	kWh	0,302	3,00	584,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit des Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich

SV2: Beleuchtungssanierung mit LED

SV3: Innendämmung der Außenwände

SV4: Außenwanddämmung durch VHF

SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3

SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4

SV7: Photovoltaikanlage

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus bis zu 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

	Ausgangsfall	SV1: Kessel- erneuerung mit hydr. Abgleich	SV2: Beleuchtungs- sanierung mit LED	SV3: Innen- dämmung der Außenwände	SV4: Außenwand- dämmung durch VHF
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	21.258	87.418	103.060	175.915
Nutzungsdauer [a]	-	40	45	45	45
dynamische Amortisation [a]	-	32	43	25	30
Kosten/Nutzen- Faktor [€/kWh]	-	0,05	- 0,36	0,03	0,04
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>4)</sup>	7.257,26	6.920,86	6.419,75	4.729,73	4.163,13
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	336	838	2.528	3.094
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	5	12	35	43
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	192.985,8	183.276,3	198.398,6	108.441,6	89.050,8
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	9.710	-5.413	84.544	103.935
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	5	- 3	44	54
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	65.898,4	62.727,5	45.953,8	49.532,5	45.713,5
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	3.171	19.945	16.366	20.185
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	5	30	25	31
jährliche CO <sub>2e</sub> - Emissionen [kg/a]	10.736,9	10.238,7	6.290,8	8.783,2	8.328,7
jährliche CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [kg/a]	-	498	4.446	1.954	2.408
prozentuale CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [%]	-	4,6	41,4	18,2	22,4

<sup>4)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

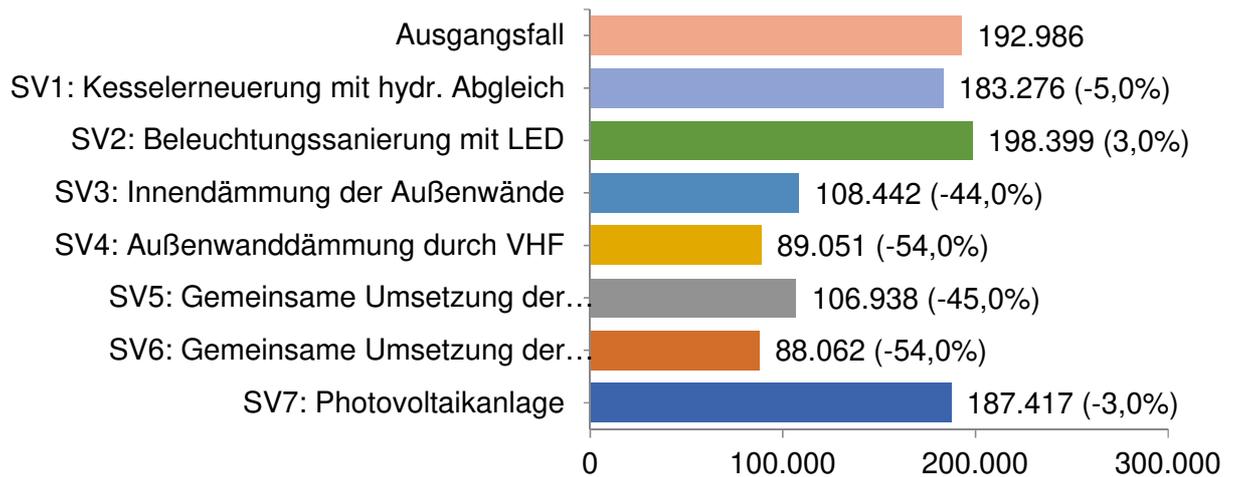
Parameter	Ausgangsfall	SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3	SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4	SV7: Photovoltaikanlage
Investition inkl. 25 % NK [€]	-	211.735	284.591	14.630
Nutzungsdauer [a]	-	45	45	20
dynamische Amortisation [a]	-	30	33	6
Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,05	0,06	0,13
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>5)</sup>	7.257,26	3.539,17	2.952,74	5.587
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	3.718	4.305	1.671
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	51	59	23
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	192.985,8	106.937,5	88.061,9	187.417
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	86.048	104.924	5.569
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	45	54	3
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	65.898,4	27.530,9	24.010,9	55.874
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	38.368	41.888	10.025
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	58	64	15
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	10.736,9	3.966,8	3.546,0	7.484
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	6.770	7.191	3.252
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	63,1	67,0	30

<sup>5)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

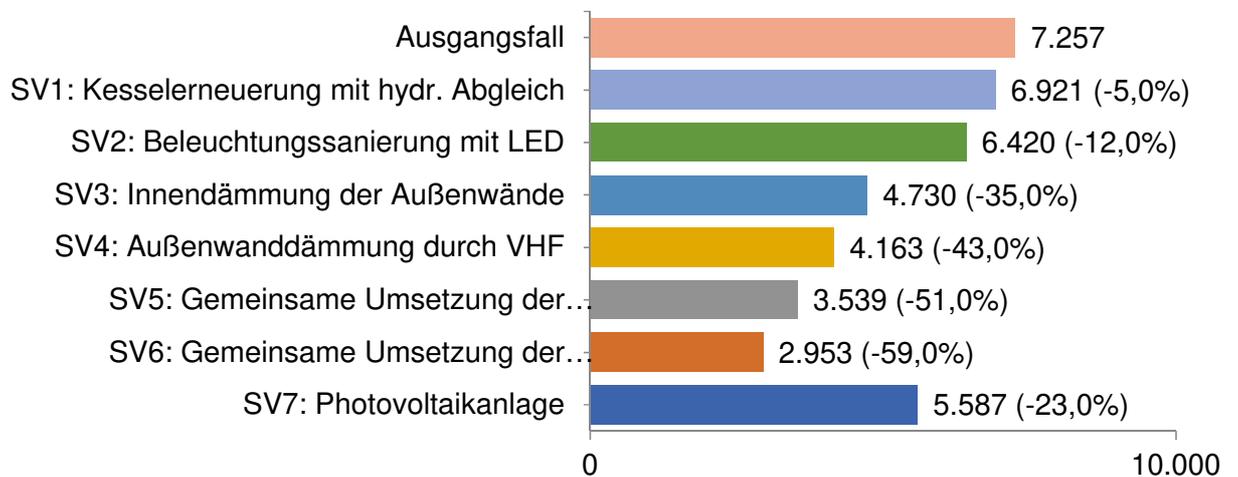
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



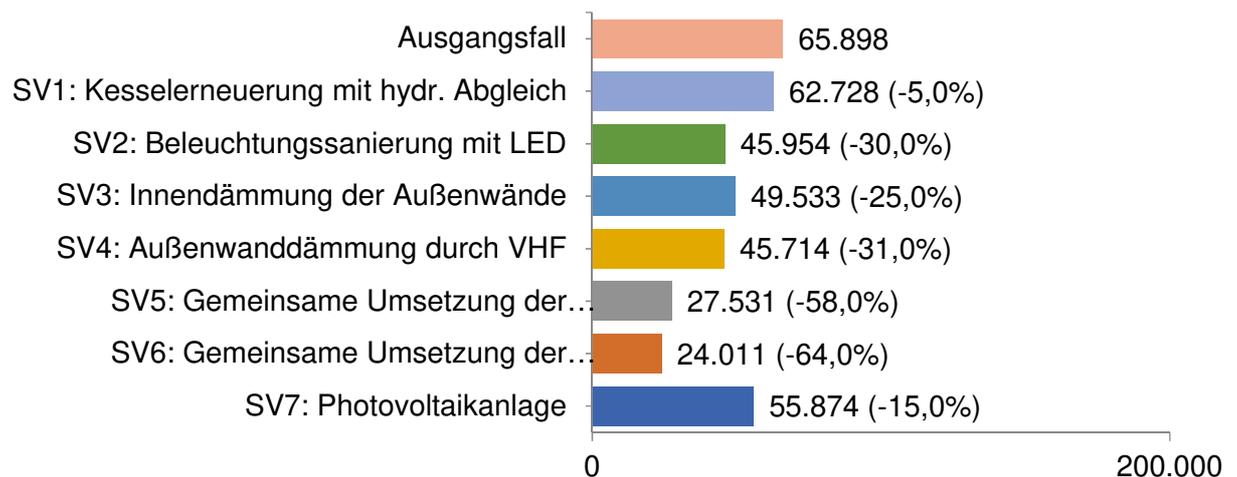
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

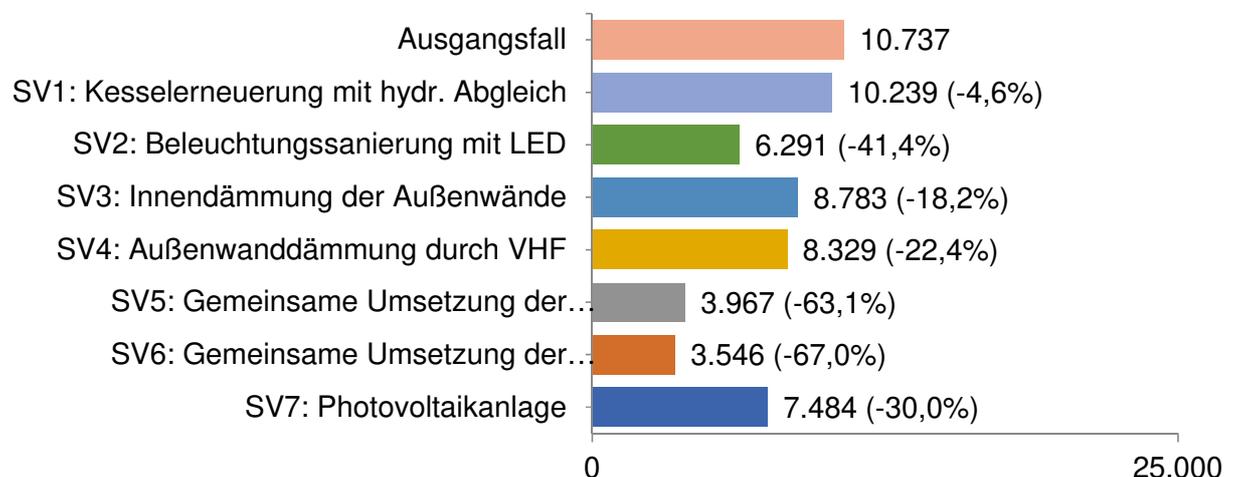
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich

### Erneuerung des alten Brennwertkessels mit hydr. Abgleich:

Für das Gebäude wird eine Heizlast- und Volumenstromberechnung durchgeführt. Der alte Brennwertkessel wird durch einen neuen Brennwertkessel ersetzt. 1K-Ventile einschließlich Thermostate ersetzen, soweit noch nicht erfolgt, die alten 2K-Heizungsventile. Nach Möglichkeit wird eine Einzelraumregelung installiert. Danach wird die Heizungsanlage entsprechend der Volumenstromberechnung hydraulisch abgeglichen. Sämtliche Heizungsrohre der Verteilungen im Keller werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Mit dem hydraulischen Abgleich des Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen erreichen. Das führt zu optimierten Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Stromseite aus. Zusätzlich sollte die vorhandene Heizungssteuerung auf den neuesten technischen Stand gebracht werden.

Sanierungsvariante		SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	21.258	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	7.257	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	6.921	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	336	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	5	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	192.986	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	132,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	183.276	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	125,8	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	9.710	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	5	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	10.737	kg/a	

Sanierungsvariante		SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup> )		10.239	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup> )		498	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup> )		4,6	%
Nutzungsdauer		25	a
dynamische Amortisation		32	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup> )		0,05	€/kWh

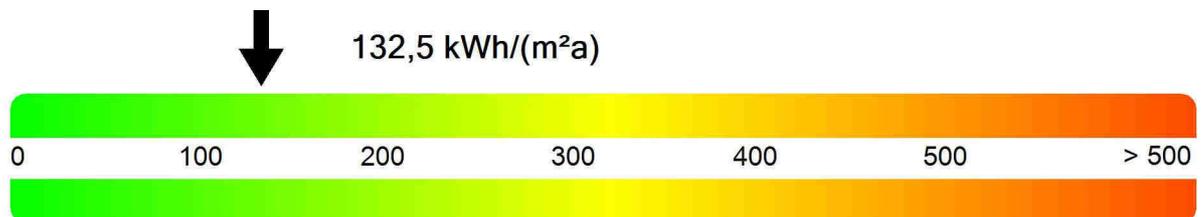
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

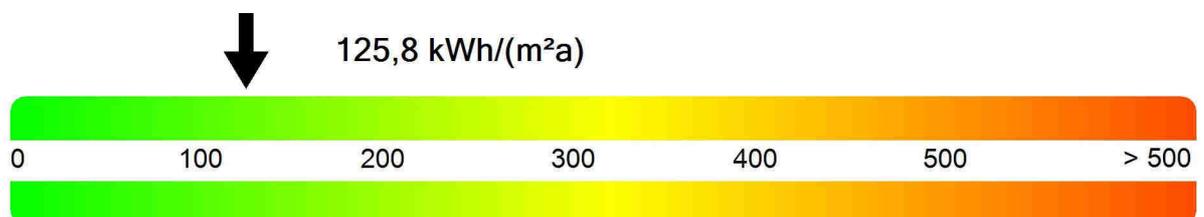
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Beleuchtungssanierung mit LED

### Beleuchtungssanierung:

Die Beleuchtungstechnik in den Büros, Klassen- und Fachklassenräumen sowie Flure sollte hinsichtlich der Energieeffizienz optimiert werden. Hierfür werden in dieser Sanierungsvariante die vorhandenen direkten und indirekten Leuchten in einzelnen Nutzungsbereichen vollständig demontiert und durch neue Leuchten mit LED-Leuchtmitteln ersetzt. Zudem wird eine Präsenzerfassung in den Klassen- und Bürozonennachgerüstet. Die Effizienzsteigerung der Beleuchtung ergibt sich dadurch, dass die LED-Technik bei einer geringeren Leistungsaufnahme eine höhere Lichtausbeute ermöglicht.

Sanierungsvariante		SV2: Beleuchtungssanierung mit LED	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	87.418	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	7.257	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	6.420	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	838	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	12	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	192.986	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	132,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	198.399	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	136,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	-5.413	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	- 3	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	10.737	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	6.291	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	4.446	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	41,4	%	

Sanierungsvariante		SV2: Beleuchtungssanierung mit LED	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Nutzungsdauer		25	a
dynamische Amortisation		43	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		- 0,36	€/kWh

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

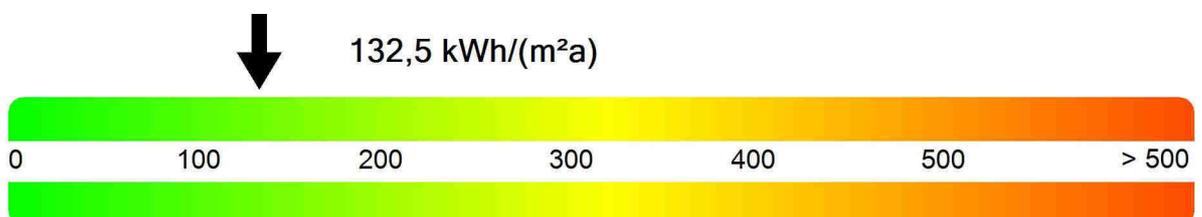
<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

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

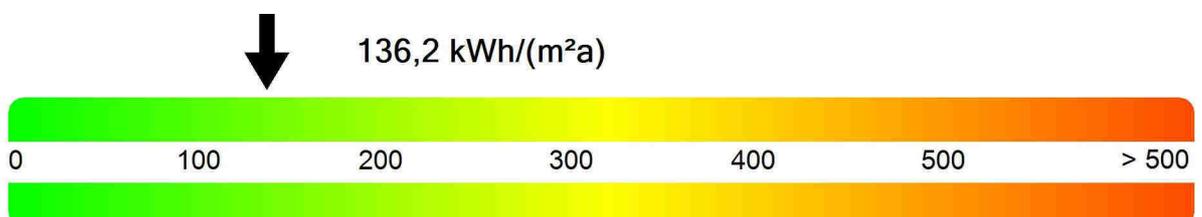
**\* Anmerkung: In dieser Sanierungsmaßnahme werden ca. 8.000 kWh/a an Beleuchtungsstrom eingespart. Gleichzeitig erhöht sich, bedingt durch den Wärmeentzug durch die Beleuchtung, der Heizwärmebedarf für die Heizung. Dadurch wird in dieser Variante eine negative Einsparung im Bereich der Endenergie ausgewiesen. Somit kommt es auch zu einem negativen Kosten / Nutzen-Faktor. Entscheidend ist aber die Primärenergieeinsparung sowie die Einsparung bei den Gesamtenergiekosten auf Grund der unterschiedlichen Strom- und Gaskosten.**

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.6 SV3: Innendämmung der Außenwände

### Innendämmung der Außenwände:

Die größten Transmissionswärmeverluste sind im Bereich der Außenwände zu verzeichnen. In bestimmten Fällen, wie Denkmalschutz oder erhaltenswerte Bausubstanz bzw. dass die äußere Ansicht nicht verändert werden soll, besteht die Möglichkeit einer Innenwanddämmung der umschließenden Außenwände. Aus technischen Gründen kann nur eine begrenzte Dämmschichtdicke eingebaut werden. In diesem Fall bestehen seitens der Energieeinsparverordnung (EnEV) keine konkreten Angaben. Es sollte jedoch die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Schichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,035 \text{ W/m K}$ ) eingebaut werden. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Simulation wird daher ein U-Wert von  $0,427 \text{ W/m}^2\text{K}$  berücksichtigt. Dieser Wert kann je nach Außenwandaufbau durch eine ca. 8 cm starke Dämmung (z. B. TecTem Insulation Board Indoor der Fa. Knauf oder Pura Mineraldämmplatte der Fa. Redstone) erzielt werden. Wichtig ist, dass die gesamte Maßnahme durch einen erfahrenen Bauphysiker berechnet und begleitet wird.

Sanierungsvariante		SV3: Innendämmung der Außenwände	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	103.060	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	720,7	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	143,00	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	7.257	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	4.730	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	2.528	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	35	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	192.986	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	132,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	108.442	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	74,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	

Sanierungsvariante		SV3: Innendämmung der Außenwände	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
jährliche Endenergieeinsparung		84.544	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		44	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>		10.737	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		8.783	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		1.954	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		18,2	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		25	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,03	€/kWh

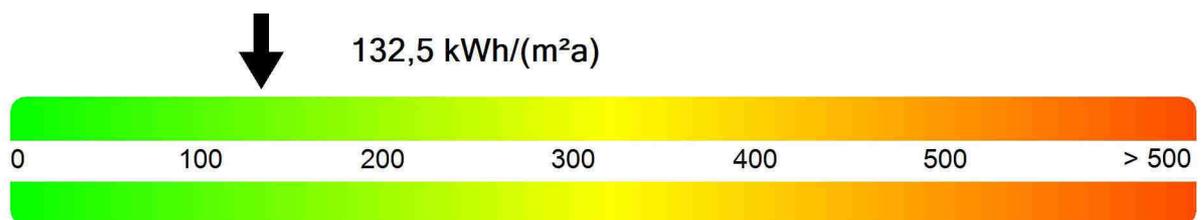
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

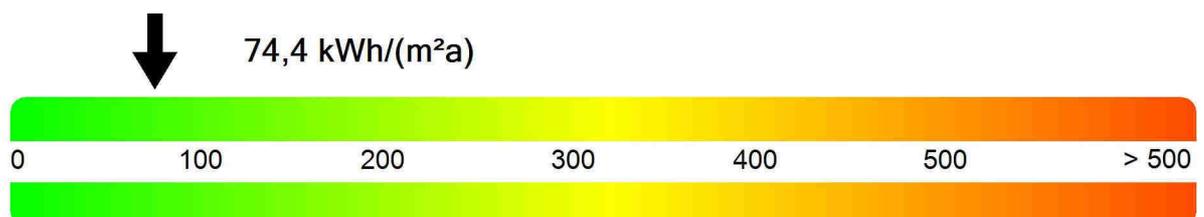
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.7 SV4: Außenwanddämmung durch VHF

### Außenwanddämmung durch eine Vorhangfassade (VHF):

Untersuchungen der vorhandenen Außenwand ergab, dass keine bzw. keine relevante Hohlschicht zwischen dem Mauerwerk und der Vorsatzschale besteht, die durch ein geeignetes Material für eine Hohlraumdämmung verfüllt werden kann. Sollten keine Auflagen von Seiten der Denkmalbehörde vorliegen wäre die Außendämmung die beste Variante. Die Wandflächen des Gebäudes werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen beträgt  $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Berechnung wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt  $0,187 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Die Mehrkosten hieraus resultieren aus der zusätzlichen Dämmstoffstärke. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten. Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Die Wandflächen werden für das Anbringen der Wärmedämmung gesäubert und vorbereitet. Zwischen der Unterkonstruktion wird die Dämmschicht vollflächig angebracht und verdübelt. Die Verkleidung der äußeren Fläche kann individuell durch z. B. Holz, Eternit oder Metall erfolgen. Die unteren Wandflächenbereiche sollten bis zu einer Höhe von mindestens 2,00 m gegen Vandalismus entsprechend geschützt werden. Als Alternative besteht die Möglichkeit das Aufbringen eines WDVS. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Sanierungsvariante		SV4: Außenwanddämmung durch VHF	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	175.915	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	720,7	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	244,09	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	7.257	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	4.163	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	3.094	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	43	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	192.986	kWh/a	

Sanierungsvariante		SV4: Außenwanddämmung durch VHF	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation		132,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		89.051	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		61,1	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung		103.935	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		54	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)</sup> ) <sup>2)</sup>		10.737	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		8.329	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		2.408	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		22,4	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		30	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,04	€/kWh

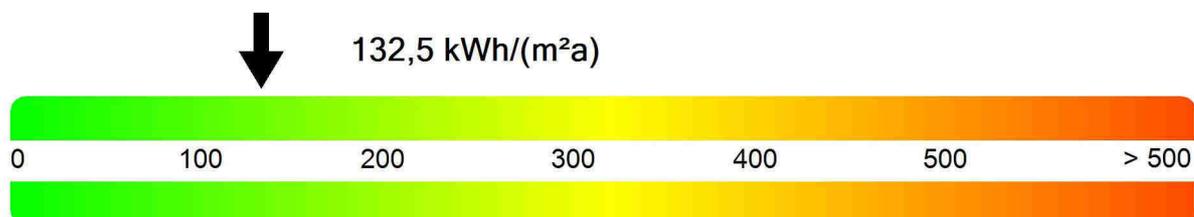
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

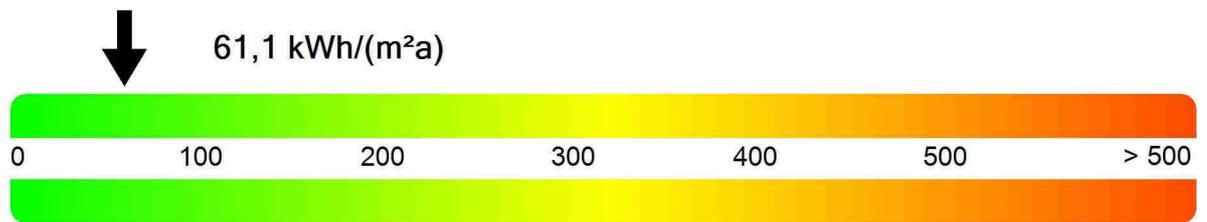
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.8 SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich
  - SV2: Beleuchtungssanierung mit LED
  - SV3: Innendämmung der Außenwände
- zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	211.735	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	7.257	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	3.539	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	3.718	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	51	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	192.986	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	132,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	106.938	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	73,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	86.048	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	45	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)</sup> ) <sup>2)</sup>	10.737	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	3.967	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	6.770	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	63,1	%	
Nutzungsdauer	45	a	
dynamische Amortisation	30	a	

Sanierungsvariante		SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,05	€/kWh

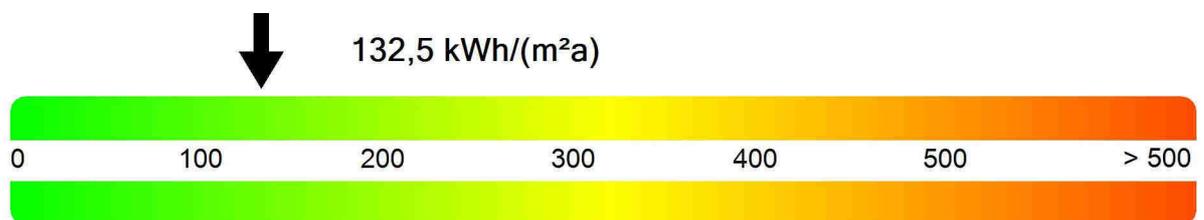
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

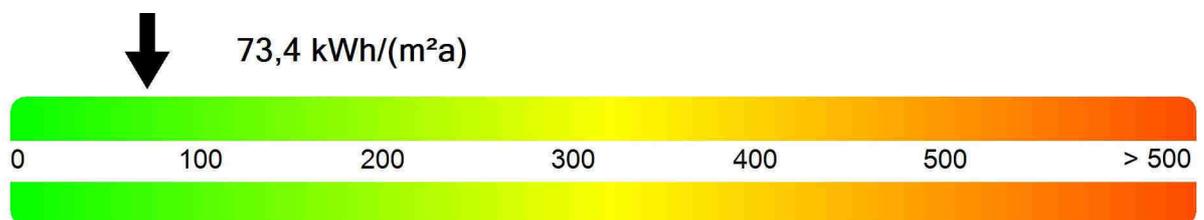
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.9 SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich
  - SV2: Beleuchtungssanierung mit LED
  - SV3: Außenwanddämmung durch VHF
- zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	284.591	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	7.257	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	2.953	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	4.305	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	59	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	192.986	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	132,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	88.062	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	60,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	104.924	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	54	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	10.737	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	3.546	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	7.191	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	67,0	%	
Nutzungsdauer	45	a	

Sanierungsvariante		SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
dynamische Amortisation	33	a	
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>	0,06	€/kWh	

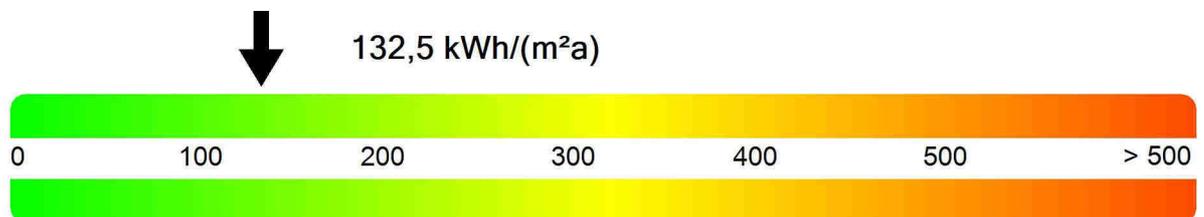
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

<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



## 4.10 SV7: Photovoltaikanlage

### Photovoltaikanlage:

Der Stromverbrauch für den BA1 der Woldenhornschule liegt, trotz des BHKW, noch bei ca. 22.000kWh pro Jahr. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs zusätzlich zum BHKW klimaneutral selbst erzeugt werden. Für die Stadt Ahrensburg, bzw. Landkreis Stormarn liegt leider kein Solarpotenzialkataster vor. Das südlich ausgerichtete Dach des Altbaus wäre aber für die Installation einer Photovoltaik günstig. (Prüfung durch Statiker erforderlich), Aufgrund der Höhe ist auch keine Verschattung der Dachflächen zu befürchten.

Sanierungsvariante		SV7: Photovoltaikanlage	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Investition		14.630	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>		7.257	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante		5.587	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr		1.671	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr		23	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>		192.986	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation		132,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		187.417	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		128,7	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung		5.569	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		2,9	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>		10.737	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		7.484	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		3.252	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		30,3	%
Nutzungsdauer		20	a
dynamische Amortisation		6	a

<b>Sanierungsvariante</b>	<b>SV7: Photovoltaikanlage</b>	
<b>Wirtschaftlichkeit</b>		
<b>Kenndaten</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>	0,131	€/kWh

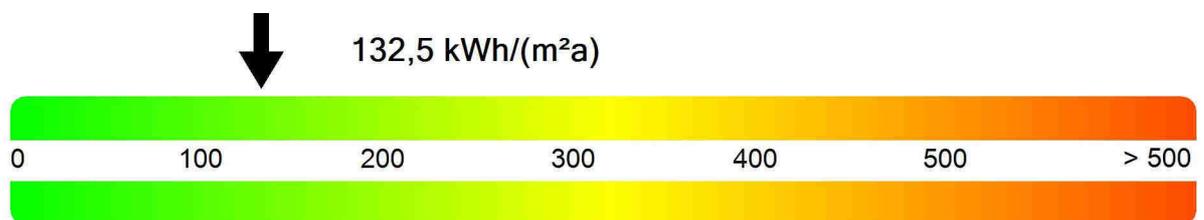
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

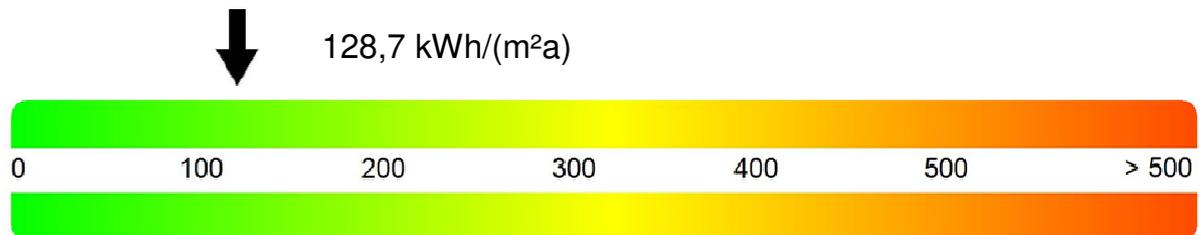
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:** KSTK Kreis Stormarn Woldenhornschule  
BA II  
Schulstraße 13  
22926 Ahrensburg

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	14
2.4 Wärmebrücken .....	15
2.5 Dachbegrünung .....	15
2.6 Anlagentechnik .....	17
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	26
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	26
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	28
2.7.3 Emissionen .....	29
2.8 Gebäudebetrachtung .....	30
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	30
2.8.2 Energiekosten .....	31
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	31
3 Sanierungsvarianten .....	32
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	32
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	33
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	33
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	35
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	36
4.4 SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich .....	37
4.5 SV2: Beleuchtungssanierung mit LED .....	39
4.6 SV3: Innendämmung der Außenwände .....	41
4.7 SV4: Außenwanddämmung durch WDVS .....	43
4.8 SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3 .....	45
4.9 SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4 .....	47
4.10 SV7: Photovoltaikanlage .....	49

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht der Woldenhornschule BA II wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 für den Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde anhand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Schule
Baujahr	1981
Baujahr des Wärmeerzeugers	2001/2014
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	4.613,9
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	1.707,4
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	2.155,6
Anzahl der Geschosse	4
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreis Stormarn  Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton mit Verbundestrich
Kellerdecke	Stahlbeton
Geschossdecken	Stahlbeton
oberste Geschossdecke	Stahlbeton
Außenwand	Massivwand mit Ziegelverblender
Dach	Flachdach
Fenster	Iso-Verglasung mit Kunststoffverglasung

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Westseite des Bauabschnitts 2 mit Haupteingang



Bild 2: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 3: Brennwertkessel als Spitzenlastkessel und ein BHKW für die Stromerzeugung



Bild 4: Frischwasserstationen für die Warmwasserversorgung



Bild 5: Warmwasserspeicher für das Hallenbad im BA 2

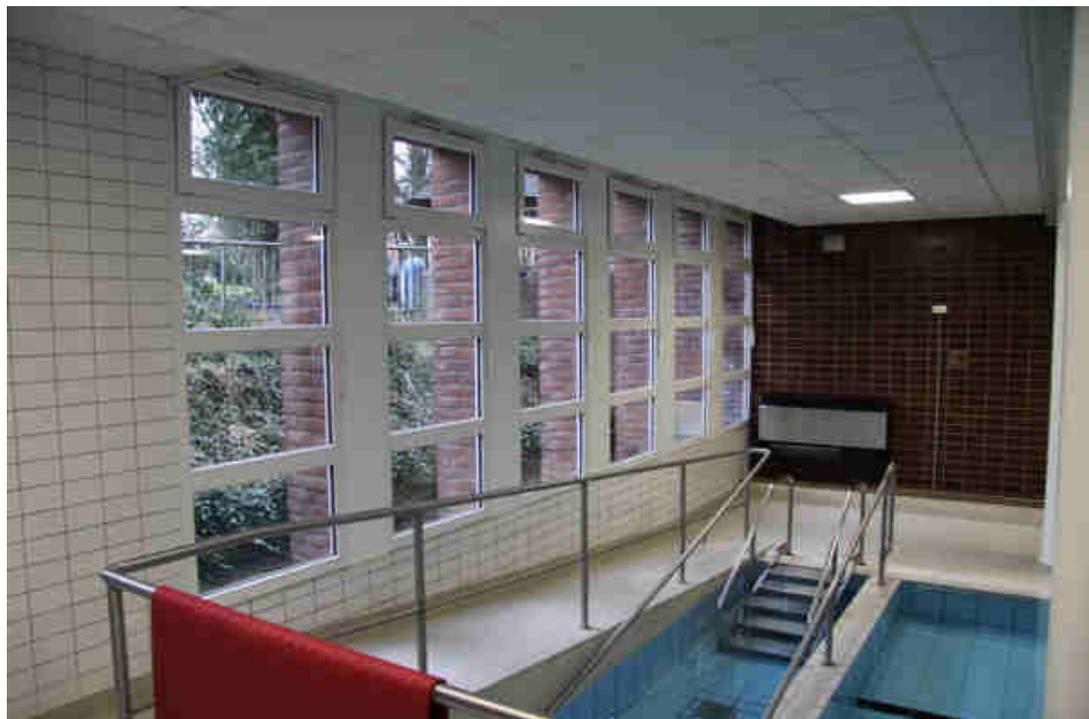


Bild 6: Fensterfront im Hallenbad, Ausrichtung Ostseite



Bild 7: Östlicher Eingang vom Pausenhof in das Untergeschoß



Bild 8: Rauchabzug im Flurbereich des Untergeschosses



Bild 9: Versorgungsschacht



Bild 10: Flurbereich im Obergeschoß



Bild 11: Lüftungsgerät im Dachgeschoß für das Schwimmbad im Untergeschoß



Bild 12: Haupteingang auf der Westseite



Bild 13: Westfassade



Bild 14: Ostfassade des BA 2



Bild 15: Fensteranlage des Schwimmbades im Untergeschoß in der Ostfassade



Bild 16: Östlicher Zugang vom Schulhof zur Eingangshalle im Erdgeschoss



Bild 17: Schadhafter Fugenverschluss der Bauwerksfuge zwischen BA 1 und BA 2



Bild 18: Mauerwerksuntersuchung ergab nur eine geringe Hohlschicht, Blickrichtung aufwärts zwischen Mauerwerk und Verblender

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme, sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten), wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Bodenplatte	632,93	632,93	0,80	0,30
AW gegen Erdreich BAII	126,68	126,68	0,80	0,30
AW West BAII	236,89	162,39	1,32	0,24
Fenster 1 0,84*0,6 m		3,02	1,9	1,30
Fenster 1 0,96*0,6 m		4,61	1,9	1,30
Fenster 1 0,96*2,0 m		61,44	1,9	1,30
verglast Tür 1 0,96*0,6 m		5,43	1,9	1,30
AW Nord BAII	193,69	144,45	1,32	0,24
Tür 1 2,01*2,01		4,04	2,3	1,80
Tür 2 0,7 2,01		1,41	2,3	1,80
Fensterfassade 1		16,13	1,9	1,30
Fensterfassade 2 Eingangsbereich		20,04	1,9	1,30
Fensterfassade 3		3,18	1,9	1,30
verglast Eingangstür 1 2,035*2,18 m		4,45	1,9	1,30
AW Ost BAII	337,85	195,11	1,32	0,24
Außentür 1 0,75*2,01 DG		1,51	2,3	1,80
verglast Eingangstür 1 2,22*2,01 m		4,46	1,9	1,30
Fenster 1 0,96*2,0 m		72,96	1,9	1,30
Fenster 1 0,96*0,6 m		4,03	1,9	1,30
verglast Eingangstür 1 0,96*2,83 m		2,72	1,9	1,30
Fenstertür 1 2,215*2,14 m		9,50	1,9	1,30
Fensterfassade 1 Ost		47,56	1,9	1,30
AW Süd BAII	81,28	77,15	1,32	0,24

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Tür 1 DG		1,51	2,3	1,80
verglast Eingangstür 1 DG 1,1225*2,126 m		2,62	1,9	1,30
Dachfläche West	21,84	21,84	0,80	0,24
Dachfläche Nord	24,09	24,09	0,80	0,24
Dachfläche Süd	8,93	8,93	0,50	0,24
Flachdach	491,40	491,40	0,50	0,24
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>2.155,59</b>		

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

#### **Vorteile:**

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*
- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

#### **Nachteile:**

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

**Eine Dachbegrünung ist in diesem Fall ausgeschlossen, weil das Dach zurzeit intensiv als Dachterrasse mit Spielfeld genutzt wird.**

## 2.6 Anlagentechnik

### Beheizung

Das betrachtete Gebäude wird über einen Gasbrennwertkessel und ein BHKW, welches zur Stromerzeugung genutzt wird mit Wärmeenergie versorgt. Die entstehende Abwärme beim BHKW wird für die Beheizung des Gebäudes wie auch zur Warmwassererzeugung für das Schwimmbaden im BA 2 genutzt. Beide Anlagenteile sind im Technikraum des Bauabschnittes

#### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

##### Wärmeerzeugungseinheit 1

Anzahl Erzeuger	2
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

##### 1. Brennwertkessel 1

Erzeuger	Brennwertkessel
Baujahr	2001
Art des Erzeugers	Brennwertkessel
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Trinkwarmwassereinheit	Erzeugereinheit 1

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	80,0/60,0
Nennleistung-Kesselwirkungsgrad aus Abgasverlust	nein
Pumpenmanagement	kein integriertes Pumpenmanagement
elektrische Kesselregelung vorhanden	nein
Art des Brenners	atmosphärischer Brenner
Kessel-Nennleistung [kW]	299,00
Betriebsbereitschaftsverlust bei 70 °C [-]	0,004 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Nennleistung [-]	0,940
elektrische Leistungsaufnahme Nennlast [kW]	0,289 (Standardwert)
Leistungsaufnahme Schlumberbetrieb [kW]	0,000 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Teillast [-]	1,050
Lastbereich Teillast [-]	0,300 (Standardwert)
elektrische Leistungsaufnahme Teillast [kW]	0,100 (Standardwert)

## 2. dezentrale KWK 1

Erzeuger	dezentrale KWK
Baujahr	2014
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Trinkwarmwassereinheit	Erzeugereinheit 1

### Details

Berücksichtigung der Stromproduktion	Verfahren A: Bilanzierung von Brennstoff und Strom
Mikro-KWK-System	nein
Deckungsanteil [-]	0,800
Stromkennzahl [-]	0,500
brennwertbezogener Nutzungsgrad KWK-Anlage [-]	0,920

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht weitestgehend dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung des vorhandenen Brennwertkessels sinnvoll. Dies ist einerseits, um einem möglichen Anlagenversagen vorzubeugen, andererseits auch vor dem Hintergrund ökologischer Optimierungen, durchaus zu empfehlen.

Ein hydraulischer Abgleich ist durchgeführt worden.

## Warmwasserbereitung

### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

#### Erzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	2
Anzahl Speicher	1
Geometrie	
Anzahl der Geschosse	1
Geschosshöhe [m]	3,00
charakteristische Breite [m]	4,78
charakteristische Länge [m]	19,90

#### 1. Brennwertkessel 1

Erzeuger	Brennwertkessel
Baujahr	2001
Art des Erzeugers	Brennwertkessel
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Heizungserzeugereinheit (mit Erzeugerdetails)	Wärmeerzeugereinheit 1

#### 2. dezentrale KWK 1

Erzeuger	dezentrale KWK
Baujahr	2014
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Heizungserzeugereinheit (mit Erzeugerdetails)	Wärmeerzeugereinheit 1

#### 3. Speicher 1

Baujahr	2001
Art des Trinkwarmwasserspeichers	indirekt beheizter Trinkwarmwasserspeicher
Aufstellung des Speichers	stehend
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Speicher-Nenninhalt [l]	500,0
Bereitschafts-Wärmeverlust [kWh/d]	3,19 (Standardwert)
Nennleistungsaufnahme der Pumpe [W]	80,2 (Standardwert)

Speicher und Wärmeerzeuger befinden sich im selben Raum

**Die Warmwasserbereitung der Woldenhornschule BA II erfolgt über vorhandene Wärmeerzeugung (Frischwasserstationen) und wird vorrangig in der**

**angegliederten Küche benötigt. Die Beheizung des Schwimmhallenbeckens erfolgt über einen Warmwasserspeicher. Teilweise wird das Warmwasser des Speichers über einen Heizstab erwärmt. Der benötigte Strom wird über das vorhandene BHKW geliefert**

### 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 dem untersuchten Gebäude erfolgt die Be- und Entlüftung überwiegend über die vorhandenen Fenster und Türen. Nur der Schwimmbadbereich wird über die Lüftungsanlage mit Frischluft versorgt.***

#### Anlagentechnik: Lüftung

RLT-Luftsystem 1

Betriebsweise	Heizfunktion
Luftkanaloberfläche außerhalb der thermischen Hülle $A_{K,A}$ [m <sup>2</sup> ]	0,00

#### Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil Wärme	Deckungsanteil Kälte
RLT-Einheit 1	1,00	0.00

#### Übergaben

Zone	Deckungsanteil	Nutzungsgrad Übergabe Wärme	Nutzungsgrad Übergabe Kälte
Gebäude	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)

## Beleuchtung

In den betrachteten Gebäuden befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58W sowie mit konventionellem Vorschaltgeräten [KVG].

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

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

### Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verkehrsfläche

Fläche [m <sup>2</sup> ]	560,21 (32,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	269,83
Fläche ohne Tageslicht $A_{KTL}$ [m <sup>2</sup> ]	290,38
lichte Raumhöhe [m]	2,49 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Fenster

Fensterfassade 1 – AW Nord BAll
Fensterfassade 2 Eingangsbereich – AW Nord BAll
Fensterfassade 3 – AW Nord BAll
verglast Eingangstür 1 2,035*2,18 m – AW Nord BAll
verglast Eingangstür 1 DG 1,1225*2,126 m – AW Süd BAll
Fenstertür 1 2,215*2,14 m – AW Ost BAll (2mal)
verglast Eingangstür 1 2,22*2,01 m – AW Ost BAll
Fensterfassade 1 Ost – AW Ost BAll

**Beleuchtungsbereich 2: Z4 WC, Sanitär**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	355,57 (20,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	42,84
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	312,73
lichte Raumhöhe [m]	2,49 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1 0,84*0,6 m – AW West BAII (6mal)
--

**Beleuchtungsbereich 3: Z6 Sonstige**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	19,24 (1,1 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	19,24
lichte Raumhöhe [m]	2,49 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 4: Z7 Lager, Technik, Archiv**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	206,91 (12,1 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	118,10
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	88,81
lichte Raumhöhe [m]	2,49 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1 0,96*0,6 m – AW West BAll (8mal)
verglast Tür 1 0,96*0,6 m – AW West BAll (2mal)
verglast Eingangstür 1 0,96*2,83 m – AW Ost BAll
Fenster 1 0,96*0,6 m – AW Ost BAll (7mal)

**Beleuchtungsbereich 5: Z9 Klassenzimmer, Gruppenraum**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	565,48 (33,1 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	420,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	145,48
lichte Raumhöhe [m]	2,49 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit VVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Fenster**

Fenster 1 0,96*2,0 m – AW West BAll (32mal)
Fenster 1 0,96*2,0 m – AW Ost BAll (38mal)

## Einstufung von Solar und Photovoltaik

### **Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung**

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**Eine Nutzung von Solarenergie für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung ist möglich. Sinnvoll ist die Nutzung aber nicht, da das installierte BHKW mit seiner Abwärme für die Wärmeversorgung sorgt. Der hohe Wärmebedarf für das Schwimmbad sorgt auch für eine hohe Laufzeit des BHKW.**

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2020 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreibung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2020, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**Eine Nutzung von Solarenergie durch eine Photovoltaikanlage ist auf dem Flachdach möglich. Jedoch sollte durch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung die Sinnhaftigkeit solch einer Maßnahme untersuchen.**

## **2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen**

### **2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

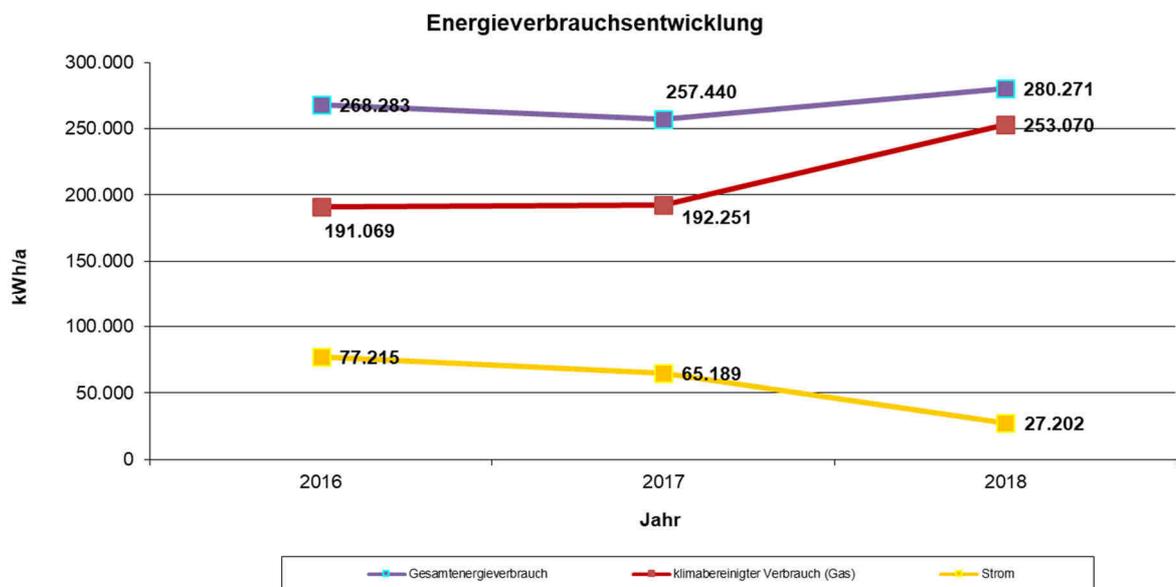
- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der letzten drei Jahre wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

### Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	Heizung (Gas) [kWh/a]	Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	Klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	Wasser [m³/a]
2016	185.504	1,03	191.069	77.215	268.283	898
2017	183.096	1,05	192.251	65.189	257.440	986
2018	199.267	1,27	253.070	27.202	280.271	1.019
Mittelwert:	189.289		212.130	56.535	268.665	968

### Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



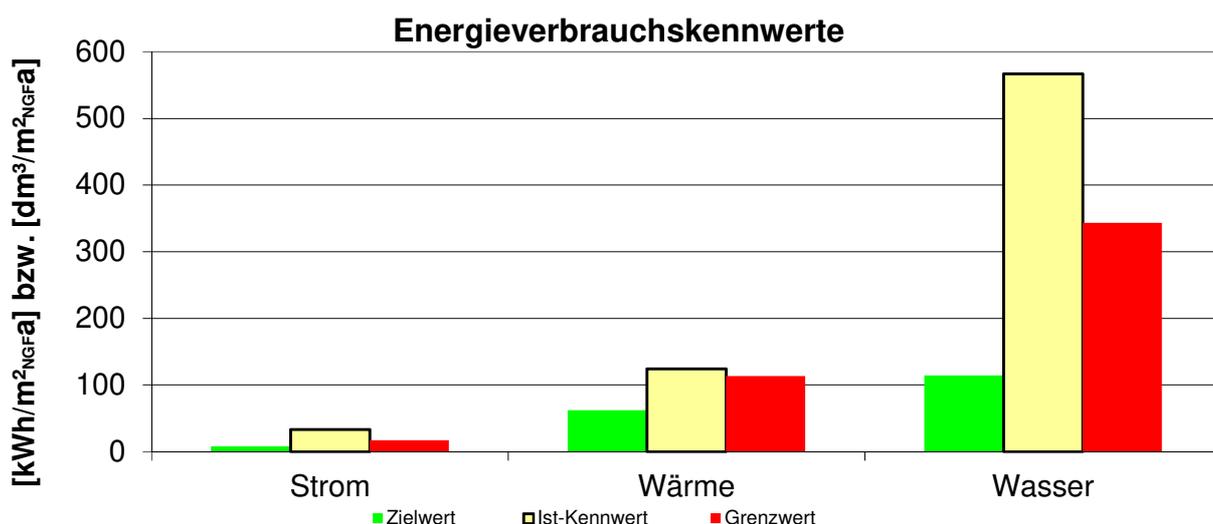
## 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>3</sup>

Schulen mit Schwimmhalle	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	8	33	17
Wärme	62	124	113
Wasser	114	567	343

Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreis Stormarn

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



<sup>3</sup> 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)

### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren des Kreises Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2018 errechnet.

<b>Energieträger</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor [g/kWh]</b>	<b>Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]</b>
Erdgas	245	199.267	48.820
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	0	0
Strom	497	27.202	13.519
Summe:		226.469	62.339

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>133,21</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>12,26</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>2,81</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>6,91</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser + Lüftung)</b>	<b>148</b>

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

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

**Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und, bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen, unbedingt zu berücksichtigen.**

**→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes**

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe des Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Woldenhornschnule BA I Erdgas	kWh	0,060	3,00	211,0
Woldenhornschnule BA I Strom-M	kWh	0,080	3,00	584,0
Woldenhornschnule BA I Strom-M	kWh	0,302	3,00	584,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich

SV2: Beleuchtungssanierung mit LED

SV3: Innendämmung der Außenwände

SV4: Außenwanddämmung durch WDVS

SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3

SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4

SV7: Photovoltaikanlage

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

Parameter	Ausgangsfall	SV1: Kessel- erneuerung mit hydr. Abgleich	SV2: Beleuchtungs- sanierung mit LED	SV3: Innen- dämmung der Außenwände	SV4: Außenwand- dämmung durch WDVS
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	21.690	113.477	82.812	132.436
Nutzungsdauer [a]	-	25	25	45	45
dynamische Amortisation [a]	-	31	43	25	30
Kosten/Nutzen- Faktor [€/kWh]	-	0,06	- 0,30	0,03	0,05
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>4)</sup>	9.757	9.396	8.715	7.793	7.331
Energiekostenerspa- rnis im ersten Jahr [€/a]	-	362	1.042	1.965	2.427
prozentuale Energiekostenerspa- rnis im ersten Jahr [%]	-	4	11	20	25
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	251.006	240.259	258.584	182.958	167.207
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	10.747	-7.578	68.048	83.799
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	4	- 3	27	33
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	93.174	90.121	70.197	79.853	76.795
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	3.053	22.977	13.321	16.379
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	3	25	14	18
jährliche CO <sub>2e</sub> - Emissionen [kg/a]	15.572	15.115	10.374	14.004	13.643
jährliche CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [kg/a]	-	457	5.198	1.568	1.929
prozentuale CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [%]	-	2,9	33,4	10,1	12,4

<sup>4)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

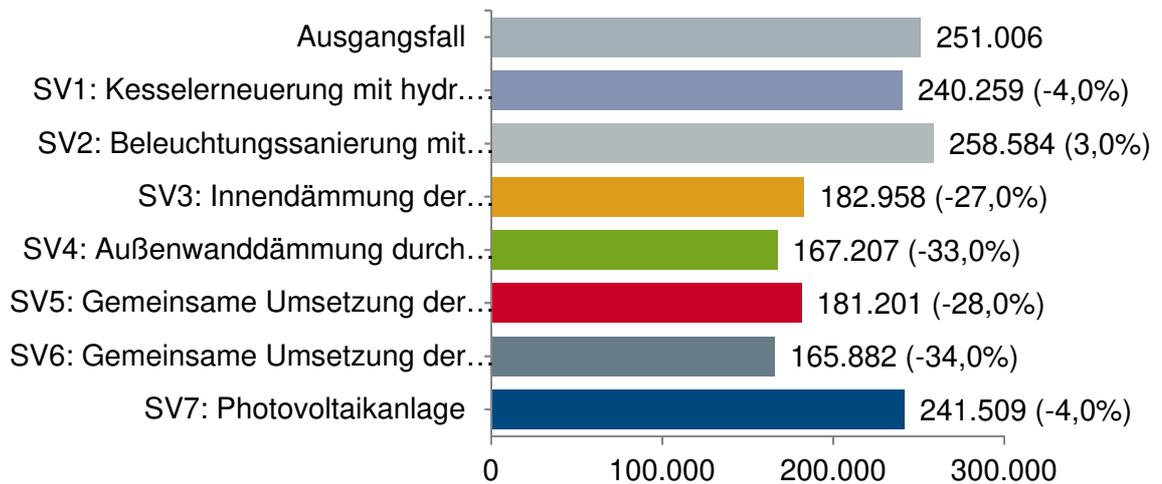
Parameter	Ausgangsfall	SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3	SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4	SV7: Photovoltaikanlage
Investition inkl. 25 % NK [€]	-	217.979	267.603	41.580
Nutzungsdauer [a]	-	45	45	20
dynamische Amortisation [a]	-	32	34	11
Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,09	0,09	0,22
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>5)</sup>	9.757	6.282	5.807	6.908
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	3.476	3.950	2.849
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	36	40	29
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	251.006	181.201	165.882	241.509
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	69.805	85.124	9.497
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	28	34	4
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	93.174	54.716	51.872	76.080
jährliche Primärenergieeinsparun g [kWh/a]	-	38.458	41.302	17.095
prozentuale Primärenergieeinsparun g [%]	-	41	44	18
jährliche CO <sub>2e</sub> - Emissionen [kg/a]	15.572	8.430	8.092	10.026
jährliche CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [kg/a]	-	7.142	7.481	5.546
prozentuale CO <sub>2e</sub> - Vermeidung [%]	-	45,9	48,0	36

<sup>5)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

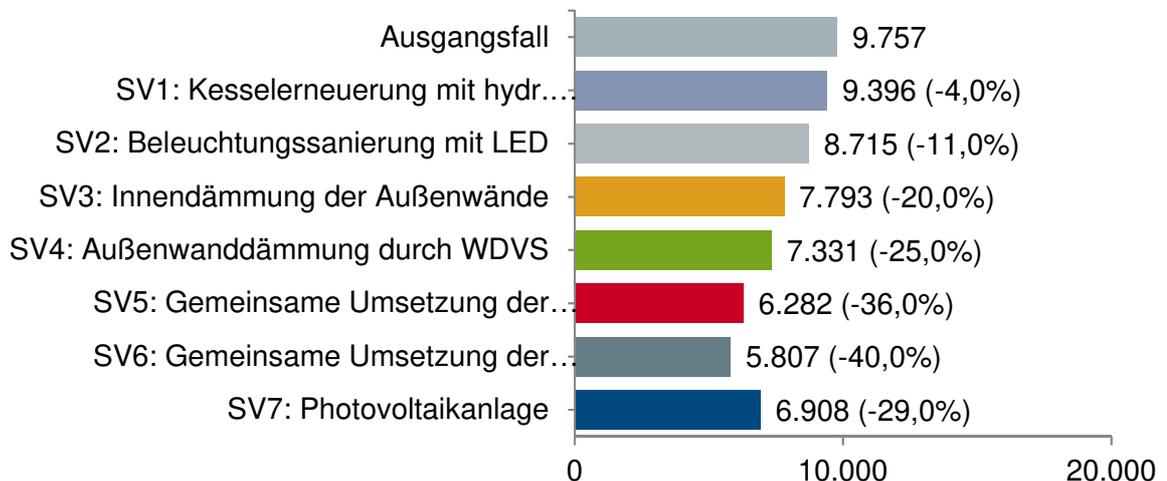
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



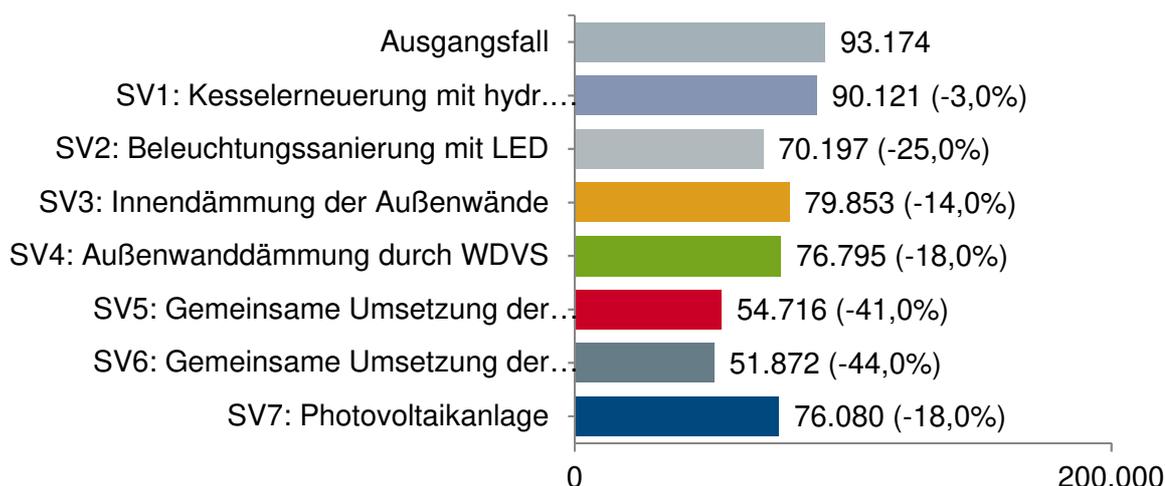
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

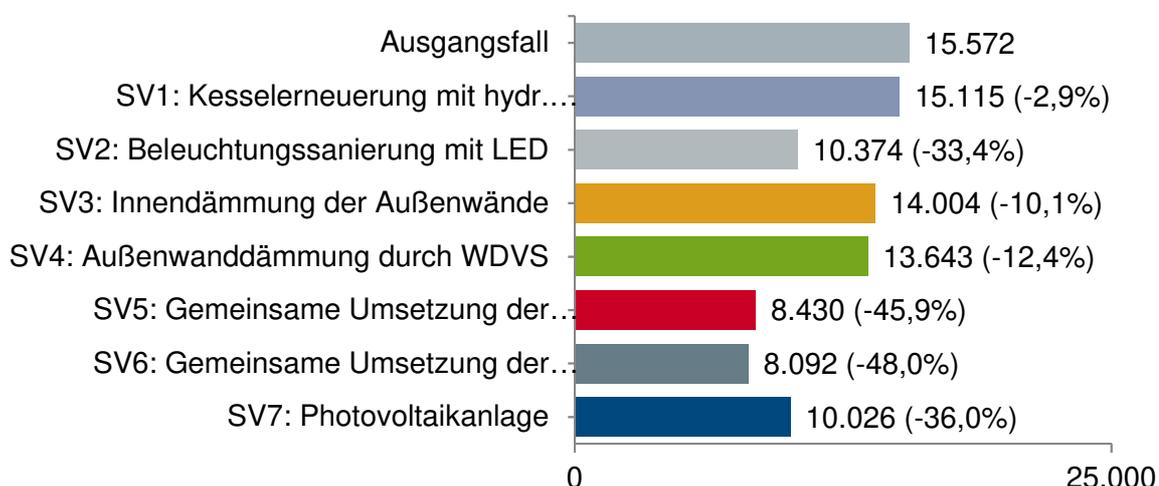
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich

### Erneuerung des alten Brennwertkessels mit hydr. Abgleich:

Für das Gebäude wird eine Heizlast- und Volumenstromberechnung durchgeführt. Der alte Brennwertkessel wird durch einen neuen Brennwertkessel ersetzt. 1K-Ventile einschließlich Thermostate ersetzen, soweit noch nicht erfolgt, die alten 2K-Heizungsventile. Nach Möglichkeit wird eine Einzelraumregelung installiert. Danach wird die Heizungsanlage entsprechend der Volumenstromberechnung hydraulisch abgeglichen. Sämtliche Heizungsrohre der Verteilungen im Keller werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Mit dem hydraulischen Abgleich des Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen erreichen. Das führt zu optimierten Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Stromseite aus. Zusätzlich sollte die alte Heizungssteuerung auf den neuesten technischen Stand gebracht werden.

Sanierungsvariante		SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	21.690	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	9.757	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	9.396	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	362	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	4	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	251.006	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	147,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	240.259	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	140,7	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	10.747	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	4	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	15.572	kg/a	

Sanierungsvariante		SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup> )		15.115	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup> )		457	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup> )		2,9	%
Nutzungsdauer		35	a
dynamische Amortisation		31	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup> )		0,06	€/kWh

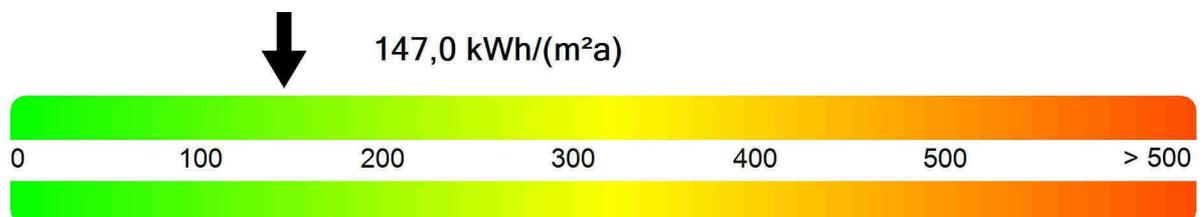
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

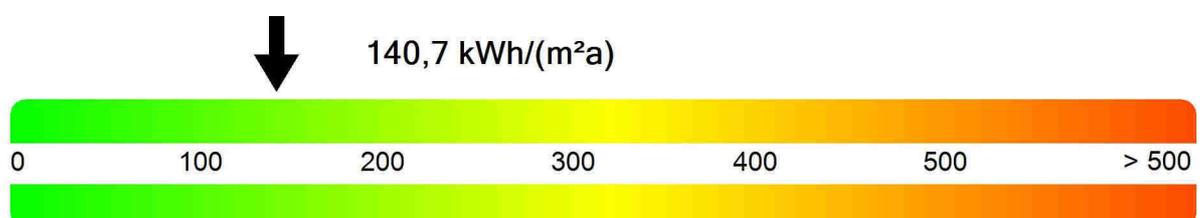
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Beleuchtungssanierung mit LED

### Beleuchtungssanierung:

Die Beleuchtungstechnik in den Klassen- und Fachklassenräumen sowie Fluren sollte hinsichtlich der Energieeffizienz optimiert werden. Hierfür werden in dieser Sanierungsvariante die vorhandenen direkten und indirekten Leuchten in einzelnen Nutzungsbereichen vollständig demontiert und durch neue Leuchten mit LED-Leuchtmitteln ersetzt. Zudem wird eine Präsenzerfassung in den Klassenzonen nachgerüstet. Die Effizienzsteigerung der Beleuchtung ergibt sich dadurch, dass die LED-Technik bei einer geringeren Leistungsaufnahme eine höhere Lichtausbeute ermöglicht.

Sanierungsvariante		SV2: Beleuchtungssanierung mit LED	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	113.477	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	9.757	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	8.715	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	1.042	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	11	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	251.006	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	147,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	258.584	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	151,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	-7.578	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	- 3	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	15.572	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	10.374	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	5.198	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	33,4	%	

Sanierungsvariante		SV2: Beleuchtungssanierung mit LED	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Nutzungsdauer		50	a
dynamische Amortisation		43	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		- 0,30	€/kWh

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

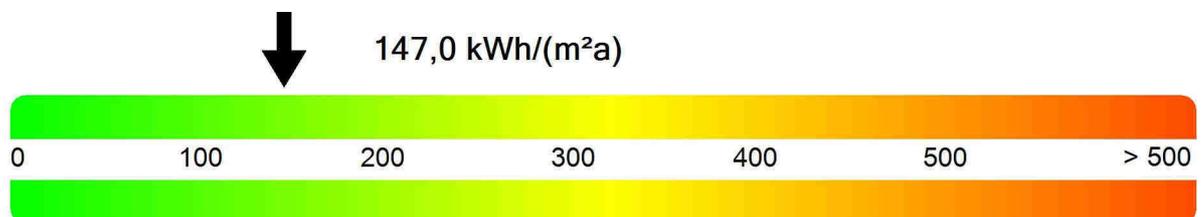
<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

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

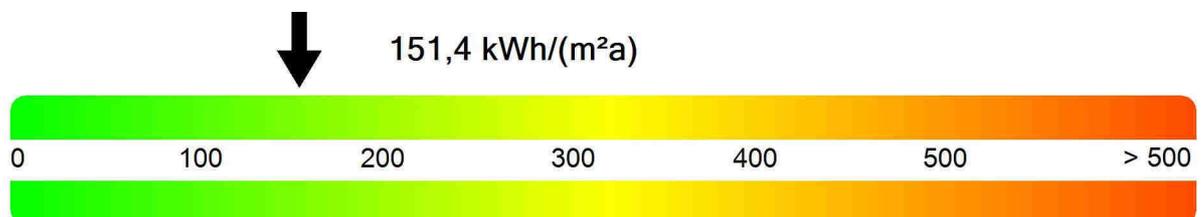
**\* Anmerkung: In dieser Sanierungsmaßnahme werden ca. 9.300 kWh/a an Beleuchtungsstrom eingespart. Gleichzeitig erhöht sich, bedingt durch den Wärmeentzug durch die Beleuchtung, der Heizwärmebedarf für die Heizung. Dadurch wird in dieser Variante eine negative Einsparung im Bereich der Endenergie ausgewiesen. Somit kommt es auch zu einem negativen Kosten / Nutzen-Faktor. Entscheidend ist aber die Primärenergieeinsparung sowie die Einsparung bei den Gesamtenergiekosten auf Grund der unterschiedlichen Strom- und Gaskosten.**

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.6 SV3: Innendämmung der Außenwände

### Innendämmung der Außenwände:

Die größten Transmissionswärmeverluste sind im Bereich der Außenwände zu verzeichnen. In bestimmten Fällen, wie Denkmalschutz oder erhaltenswerte Bausubstanz bzw., dass die äußere Ansicht nicht verändert werden soll, besteht die Möglichkeit einer Innenwanddämmung der umschließenden Außenwände. Aus technischen Gründen kann nur eine begrenzte Dämmschichtdicke eingebaut werden. In diesem Fall bestehen seitens der Energieeinsparverordnung (EnEV) keine konkreten Angaben. Es sollte jedoch die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Schichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,035 \text{ W/m K}$ ) eingebaut werden. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Simulation wird daher ein U-Wert von  $0,388 \text{ W/m}^2\text{K}$  berücksichtigt. Dieser Wert kann je nach Außenwandaufbau durch eine ca. 8 cm starke Dämmung (z. B. TecTem Insulation Board Indoor der Fa. Knauf oder Pura Mineraldämmplatte der Fa. Redstone) erzielt werden. Wichtig ist, dass die gesamte Maßnahme durch einen erfahrenen Bauphysiker berechnet und begleitet wird.

Sanierungsvariante		SV3: Innendämmung der Außenwände	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	82.812	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	579,1	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	143,00	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	9.757	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	7.793	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	1.965	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	20	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	251.006	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	147,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	182.958	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	107,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	

Sanierungsvariante		SV3: Innendämmung der Außenwände	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
jährliche Endenergieeinsparung		68.048	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		27	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>		15.572	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		14.004	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		1.568	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		10,1	%
Nutzungsdauer		45	a
dynamische Amortisation		25	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,03	€/kWh

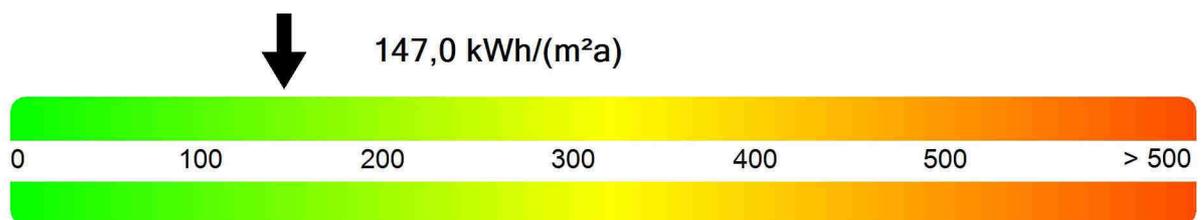
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

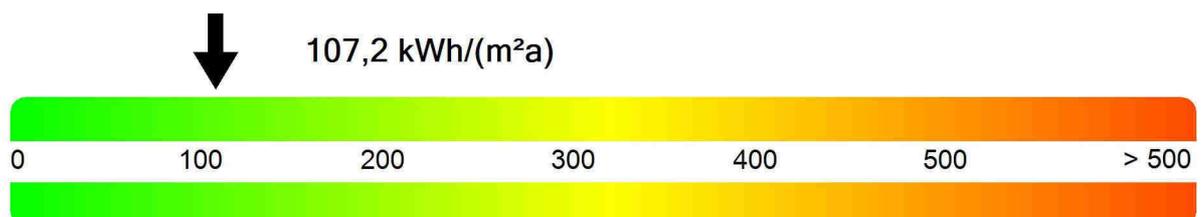
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.7 SV4: Außenwanddämmung durch WDVS

### Außenwanddämmung durch ein WDVS:

Die Mauerwerksuntersuchung hat ergeben, dass nur eine geringe Luftschicht zwischen Mauerwerk und alter Verblendung vorhanden ist (s. Bild 18). Daher werden die Wandflächen des Gebäudes entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen beträgt  $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Berechnung wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt, als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt  $0,174 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Die Mehrkosten hieraus resultieren nur aus der zusätzlichen Dämmstoffstärke. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten. Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Alle vorhandenen Verblender werden entfernt. Die freigelegten 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 z. B. Putz 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 erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Sanierungsvariante		SV4: Außenwanddämmung durch WDVS	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	132.436	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	579,1	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	228,69	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	9.757	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	7.331	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	2.427	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	25	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	251.006	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	147,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	

Sanierungsvariante		SV4: Außenwanddämmung durch WDVS	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		167.207	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		97,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung		83.799	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		33	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)</sup> 2)		15.572	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		13.643	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		1.929	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		12,4	%
Nutzungsdauer		35	a
dynamische Amortisation		30	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,05	€/kWh

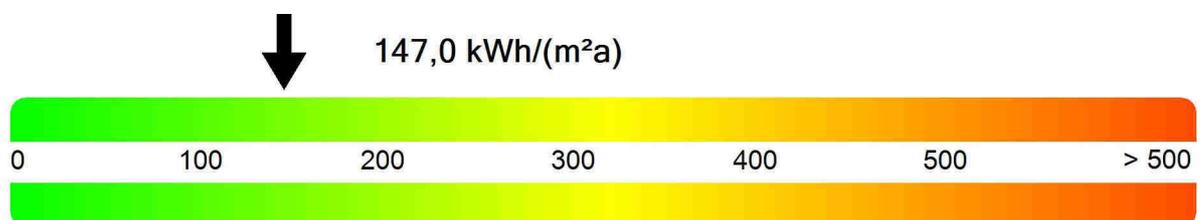
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

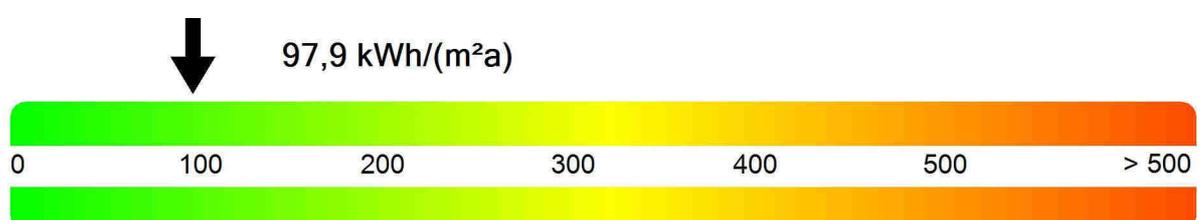
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.8 SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich
  - SV2: Beleuchtungssanierung mit LED
  - SV3: Innendämmung der Außenwände
- zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	217.979	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	9.757	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	6.282	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	3.476	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	36	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	251.006	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	147,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	181.201	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	106,1	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	69.805	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	28	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	15.572	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	8.430	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	7.142	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	45,9	%	
Nutzungsdauer	45	a	

Sanierungsvariante		SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV3	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
dynamische Amortisation		32	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,07	€/kWh

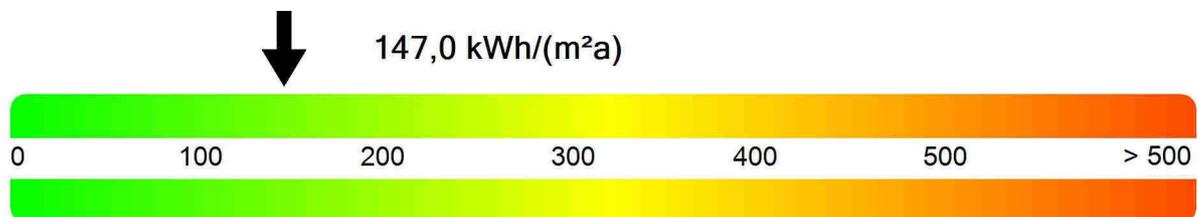
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

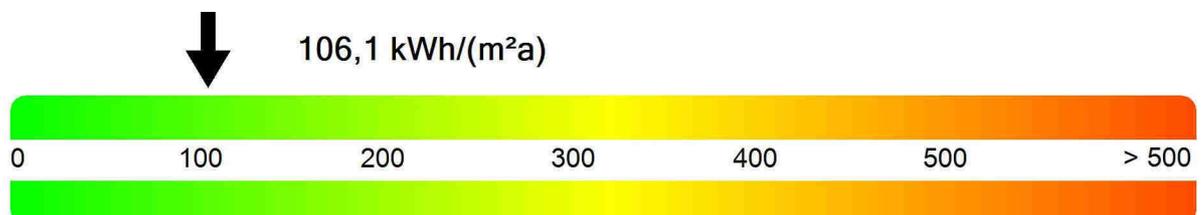
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.9 SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich
- SV2: Beleuchtungssanierung mit LED
- SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4 zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	267.603	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	9.757	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	5.807	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	3.950	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	40	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	251.006	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	147,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	165.882	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	97,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	85.124	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	34	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	15.572	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	8.092	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	7.481	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	48,0	%	

Sanierungsvariante		SV6: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1, SV2 und SV4	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Nutzungsdauer	35	a	
dynamische Amortisation	34	a	
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>	0,09	€/kWh	

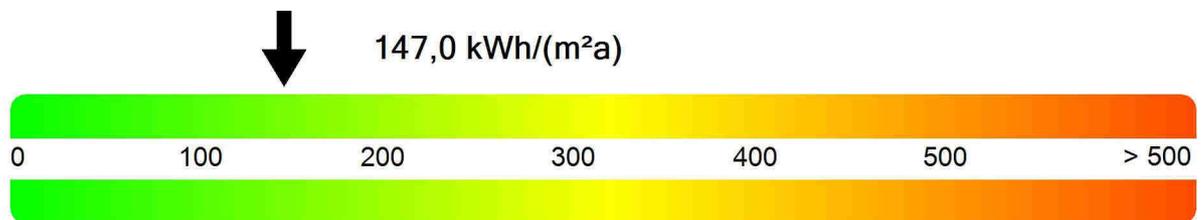
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

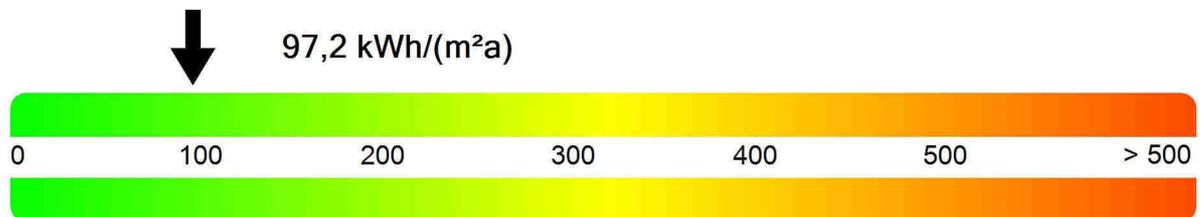
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.10 SV7: Photovoltaikanlage

Der Stromverbrauch für den BA2 der Woldenhornschule liegt trotz des BHKW bei ca. 27.000kWh pro Jahr. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs zusätzlich zum BHKW klimaneutral selbst erzeugt werden.

Für die Stadt Ahrensburg, bzw. Landkreis Stormarn liegt leider kein Solarpotenzialkataster vor. Das Flachdach im Dachgeschoss wäre aber für die Installation einer Photovoltaik günstig. (Prüfung durch Statiker erforderlich), Aufgrund der Höhe ist auch keine Verschattung der Dachflächen zu befürchten.

Sanierungsvariante		SV7: Photovoltaikanlage	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	41.580	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	9.757	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	6.908	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	2.849	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	29,2%	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	251.006	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	147,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	241.509	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	141,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	9.497	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	3,8	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>	15.572	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	10.026	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	5.546	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	35,6	%	
Nutzungsdauer	20	a	
dynamische Amortisation	11	a	

Sanierungsvariante		SV7: Photovoltaikanlage	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,219	€/kWh

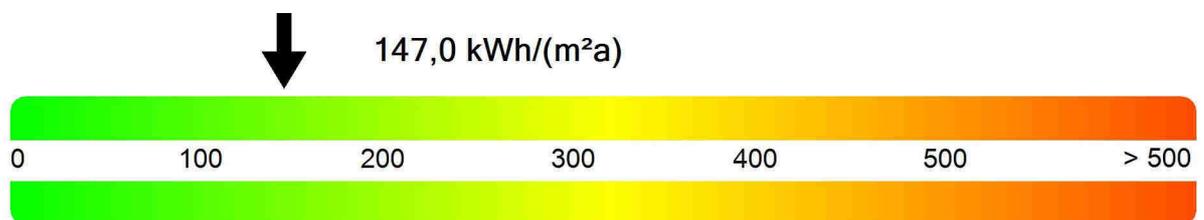
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

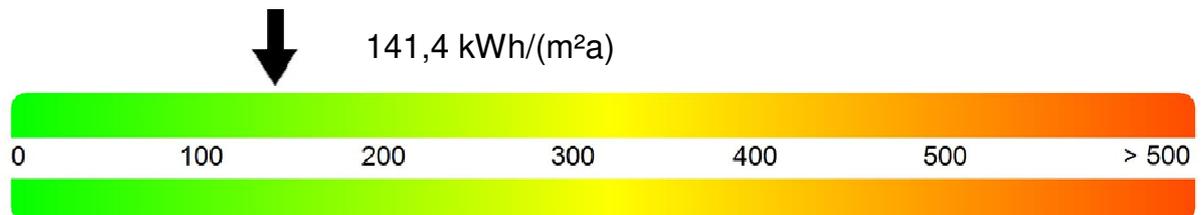
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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





**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes  
„Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“  
des Kreises Stormarn  
Baustein 2: Gebäudebewertung**



**Objekt:** Turnhalle Woldenhornschule  
Schulstraße 13  
22926 Ahrensburg

Greven, 06.02.2020

## Inhalt

Inhalt .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Ausgangssituation .....	4
2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts .....	4
2.2 Photodokumentation .....	5
2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle .....	13
2.4 Wärmebrücken .....	14
2.5 Dachbegrünung .....	14
2.6 Anlagentechnik .....	15
2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen .....	24
2.7.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	24
2.7.2 Verbrauchskennwerte .....	26
2.7.3 Emissionen .....	27
2.8 Gebäudebetrachtung .....	28
2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	28
2.8.2 Energiekosten .....	29
2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten .....	29
3 Sanierungsvarianten .....	30
3.1 Übersicht Sanierungsvarianten .....	30
4 Sanierungsvarianten (SV) .....	31
4.1 Tabellarische Gesamtübersicht .....	31
4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung .....	32
4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz .....	33
4.4 SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich .....	34
4.5 SV2: Fenstererneuerung .....	36
4.6 SV3: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung .....	38
4.7 SV4: Geschoßdecken- und Dachflächendämmung .....	40
4.8 SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV4 .....	43

## 1 Einleitung

Der vorliegende Energiebericht der Turnhalle der Woldenhornschule wurde im Rahmen der Gebäudebewertung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimaschutz in eigenen Liegenschaften“, Baustein 2 für den Kreis Stormarn erstellt.

Hierzu erfolgten eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan und eine typologische Bewertung der Hüllflächen. Die Bedarfsberechnung wurde anhand der DIN 18599 im vereinfachten Berechnungsverfahren mit einem Ein-Zonen-Modell (gem. Anlage 2 Nr. 3 EnEV 2016) vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

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.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Grunddaten	
Gebäudetyp	Turnhalle
Baujahr	1907
Baujahr des Wärmeerzeugers	1987
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	1.729,6
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	361,7
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	1.388,4
Anzahl der Geschosse	1
<b>Anmerkung:</b> Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Kreises Stormarn Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

Konstruktionsart	
Bodenplatte	Stahlbeton
Kellerdecke	Stahlbeton
Geschossdecken	
oberste Geschossdecke	Holzkonstruktion mit geringer Dämmung
Außenwand	Zweischalig mit Hohlschicht
Dach	Sparrendach
Fenster	Iso-Verglasung mit Holzrahmen

## 2.2 Photodokumentation



Bild 1: Nordfassade der alten Turnhalle



Bild 2: Lageplan mit dem grün markierten und zu bewertenden Gebäude



Bild 3: Niedertemperaturkessel für die Wärmeversorgung der Turnhalle mit Baujahr 1987

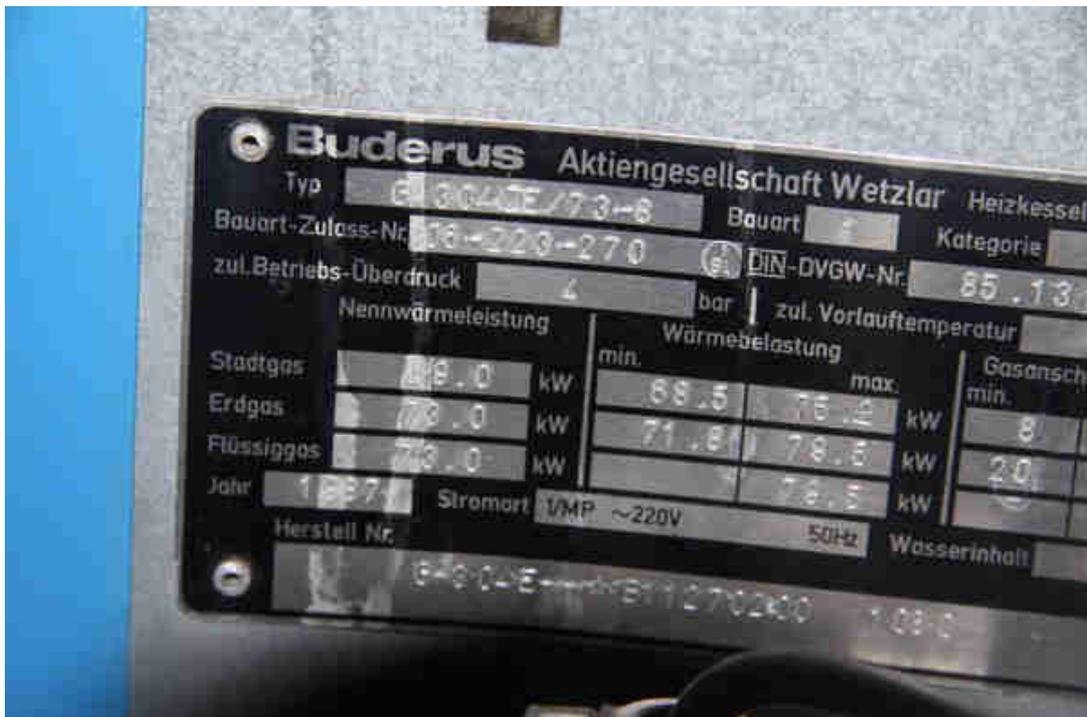


Bild 4: Typenschild des Heizkessels



Bild 5: Warmwasserspeicher der Turnhalle



Bild 6: Heizungsverteilung mit alten Effizienzpumpen und handgesteuerten 3-Stufen Drehzahlregelung



Bild 7: Veraltete Heizungssteuerung



Bild 8: Iso-Verglasung mit Holzrahmen und Baujahr 1982



Bild 9: Hallenbeleuchtung mit LED



Bild 10: Alte Lüftungsanlage von 1982



Bild 11: ca. 4 cm Dämmung aus Styrodur auf der Hallendecke



Bild 12: Zugang zu dem Umkleidebereich der Turnhalle auf der Ostseite



Bild 13: Ostgiebel der Turnhalle



Bild 14: Nordseite der Turnhalle



Bild 15: Westgiebel



Bild 16: Südseite der Turnhalle mit Eingangstür zur Halle

## 2.3 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>1</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach EnEV 2016

#### Gebäude

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Bodenplatte KG	31,94	31,94	1,20	0,30
Bodenplatte EG aufgeständert	354,26	354,26	0,80	0,24
AW gegen Erdreich	22,27	22,27	1,70	0,30
AW NO gegen Luft	71,95	68,12	1,64	0,24
Außen-Tür 1 Nord-Ost		2,03	4,0	1,80
Fenster 1 0,50*1,80 Nord-Ost		1,80	2,7	1,30
AW SO gegen Luft	170,17	135,28	1,64	0,24
Fenster 1 0,50*1,80 Süd-Ost		0,90	2,7	1,30
Fenster 2 1,01*1,8 Süd-Ost		1,82	2,7	1,30
Fenster 3 1,78*1,7 Süd-Ost		3,03	2,7	1,30
Fenster 4 1,87*2,9 Süd-Ost		27,12	2,7	1,30
Außen-Tür 1 Süd-Ost		2,03	4,0	1,80
AW SW gegen Luft	74,08	74,08	1,64	0,24
AW NW gegen Luft	162,91	124,69	1,64	0,24
Fenster 1 1,78*1,7 Nord-West		9,08	2,7	1,30
Fenster 2 1,87*2,9 Nord-West		27,12	2,7	1,30
Außen-Tür 1 Nord-West		2,03	4,0	1,80
Oberste Geschossdecke	268,05	268,05	1,00	0,24
Dachfläche Nord-Ost	52,49	52,49	2,60	0,24
Dachfläche Süd-Ost	90,14	90,14	2,60	0,24
Dachfläche Nord-West	90,14	90,14	2,60	0,24
<b>Thermische Hüllfläche</b>		<b>1.388,40</b>		

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 der Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) mit angegeben<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

<sup>2</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß EnEV Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen.

## 2.4 Wärmebrücken

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

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

## 2.5 Dachbegrünung

Eine Dachbegrünung ist eine Form der Bauwerksbegrünung bei der die Dachfläche bewusst bepflanzt wird oder nach entsprechender Vorarbeit natürlich bewachsen wird.

Dachbegrünungen gelten als Siedlungsbiotope, welche lokalklimatisch und in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung eine Rolle spielen.

Für die bauliche Umsetzung können die folgenden Richtlinien zu Rate gezogen werden:

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. in Bonn (kurz: FLL-Dachbegrünungs-Richtlinie).

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (kurz: Flachdachrichtlinien), Teil des Fachregelwerks des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

### Vorteile:

- *Schutz der Dachabdichtung und Verlängerung der Lebensdauer, da ein mechanischer Schutz hergestellt wird und die UV-Strahlung absorbiert wird.*
- *Verbesserung des Raumklimas: Durch Verdunstung des gespeicherten Regenwassers kann sich das Raumklima der direkt darunterliegenden Räume im Sommer abkühlen. Hierdurch kann gegebenenfalls auf eine Klimaanlage verzichtet werden. Durch die Dämmwirkung der Dachbegrünungsschicht kühlen die darunterliegenden Räume im Winter weniger aus. Eine Dachbegrünung entspricht je nach Ausführung einem bis zu 80 mm dicken Dämmstoff der Wärmeleitgruppe (WLG) 040[1]*
- *Wasserrückhaltung: Da ein begrüntes Dach mehr als die Hälfte des jährlichen Niederschlags wieder verdunstet, werden Siedlungsentwässerung und Kläranlagen entlastet.*

---

Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten  $U_w$ -Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

- *Verbesserung des Stadtklimas: Dachbegrünungen können Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern. Zudem wird der Aufheizung der Stadt durch die zahlreichen versiegelten Flächen entgegengewirkt.*
- *Ersatzhabitat: Es kann neuer Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten – beispielsweise Vögel und Schmetterlinge – geschaffen werden.*
- *Optisch attraktiv.*

**Nachteile:**

- *Je nach Herstellung eventuell hohe Anschaffungskosten.*
- *Das Dach muss gepflegt werden. Sträucher zurückschneiden, Substrat aufbringen.*

Im Bestandsbau ist die nachträgliche Dachbegrünung abhängig vom bestehenden Dachtyp und dem vorhandenen Aufbau. Zusätzlich ist die gesamte Statik des Daches und des Gebäudes zu prüfen.

**Aufgrund der Dachform ist eine Begrünung des Daches nicht möglich**

## 2.6 Anlagentechnik

Beheizung																							
<p>In dem betrachteten Gebäude gibt es einen NT-Gas-Heizkessel, welcher im Technikraum des unbeheizten Kellers untergebracht ist. Es bestehen drei Heizkreise.</p> <p><b>Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung</b></p> <p>Wärmeerzeugereinheit 1</p> <table border="1"> <tr> <td>Anzahl Erzeuger</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Art des Systems</td> <td>indirekt</td> </tr> <tr> <td>Geometrie</td> <td>wird vom Gebäude übernommen</td> </tr> </table> <p>1. Niedertemperaturkessel 1</p> <table border="1"> <tr> <td>Erzeuger</td> <td>Niedertemperaturkessel</td> </tr> <tr> <td>Baujahr</td> <td>1987</td> </tr> <tr> <td>Art des Erzeugers</td> <td>Niedertemperatur-Umlaufwasserheizer</td> </tr> <tr> <td>Umgebung</td> <td>innerhalb Zone</td> </tr> <tr> <td>Zone</td> <td>Gebäude</td> </tr> <tr> <td>Energieträger</td> <td>Erdgas H</td> </tr> <tr> <td colspan="2">kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:</td> </tr> <tr> <td>zugehörige Trinkwarmwassereinheit</td> <td>Erzeugereinheit 1</td> </tr> </table>		Anzahl Erzeuger	1	Art des Systems	indirekt	Geometrie	wird vom Gebäude übernommen	Erzeuger	Niedertemperaturkessel	Baujahr	1987	Art des Erzeugers	Niedertemperatur-Umlaufwasserheizer	Umgebung	innerhalb Zone	Zone	Gebäude	Energieträger	Erdgas H	kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:		zugehörige Trinkwarmwassereinheit	Erzeugereinheit 1
Anzahl Erzeuger	1																						
Art des Systems	indirekt																						
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen																						
Erzeuger	Niedertemperaturkessel																						
Baujahr	1987																						
Art des Erzeugers	Niedertemperatur-Umlaufwasserheizer																						
Umgebung	innerhalb Zone																						
Zone	Gebäude																						
Energieträger	Erdgas H																						
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:																							
zugehörige Trinkwarmwassereinheit	Erzeugereinheit 1																						

## Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	70,0/55,0
Nennleistung-Kesselwirkungsgrad aus Abgasverlust	nein
Pumpenmanagement	kein integriertes Pumpenmanagement
elektrische Kesselregelung vorhanden	nein
Kessel-Nennleistung [kW]	73,00
Betriebsbereitschaftsverlust bei 70 °C [-]	0,022 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Nennleistung [-]	0,860 (Standardwert)
elektrische Leistungsaufnahme Nennlast [kW]	0,353 (Standardwert)
Leistungsaufnahme Schlumberbetrieb [kW]	0,000 (Standardwert)
Kesselwirkungsgrad bei Teillast [-]	0,820 (Standardwert)
Lastbereich Teillast [-]	0,300 (Standardwert)
elektrische Leistungsaufnahme Teillast [kW]	0,118 (Standardwert)

Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind älteren Datums und von Hand dreistufig geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung der wärmeerzeugenden Anlage sinnvoll. Dies ist einerseits, um einem möglichen Anlagenversagen vorzubeugen, andererseits auch vor dem Hintergrund ökologischer Optimierungen, durchaus zu empfehlen.

Ein hydraulischer Abgleich ist nicht durchgeführt worden.

## Warmwasserbereitung

### Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

#### Erzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Anzahl Speicher	1
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

#### 1. Niedertemperaturkessel 1

Erzeuger	Niedertemperaturkessel
Baujahr	1987
Art des Erzeugers	Niedertemperatur-Umlaufwasserheizer
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Energieträger	Erdgas H
kombinierter Wärmeerzeuger für Heizung und Trinkwarmwasser:	
zugehörige Heizungserzeugereinheit (mit Erzeugerdetails)	Wärmeerzeugereinheit 1

#### 2. Speicher 1

Baujahr	2018
Art des Trinkwarmwasserspeichers	indirekt beheizter Trinkwarmwasserspeicher
Aufstellung des Speichers	stehend
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Gebäude
Speicher-Nenninhalt [l]	300,0
Bereitschafts-Wärmeverlust [kWh/d]	2,42 (Standardwert)
Nennleistungsaufnahme der Pumpe [W]	61,4 (Standardwert)

Speicher und Wärmeerzeuger befinden sich im selben Raum

***Die Warmwasserbereitung der Turnhalle erfolgt über die vorhandene Heizungsanlage. Der Speicher wurde 2018 erneuert.***

## 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 dem untersuchten Gebäude erfolgt die Be- und Entlüftung über die vorhandenen Fenster und Türen wie auch über die vorhandene Lüftungsanlage.***

### Anlagentechnik: Lüftung

RLT-Luftsystem 1

Betriebsweise	Heizfunktion
Luftkanaloberfläche außerhalb der thermischen Hülle A <sub>K,A</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00

### Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil Wärme	Deckungsanteil Kälte
RLT-Einheit 1 Turnhalle	1,00	0.00

### Übergaben

Zone	Deckungsanteil	Nutzungsgrad Übergabe Wärme	Nutzungsgrad Übergabe Kälte
Gebäude	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)

## Beleuchtung

In dem betrachteten Gebäude befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{\text{Lampe}}$  bis zu 58W sowie mit konventionellem Vorschaltgeräten [KVG]. Im Hallenbereich wurde die alte Beleuchtung schon gegen eine LED-Beleuchtung ausgetauscht.

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

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

### Beleuchtungsbereich 1: Z1 Verkehrsflächen

Fläche [m <sup>2</sup> ]	23,63 (6,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{\text{TL}}$ [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht $A_{\text{kTL}}$ [m <sup>2</sup> ]	23,63
lichte Raumhöhe [m]	4,58 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 2: Z2 Turnhalle

Fläche [m <sup>2</sup> ]	241,70 (66,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht $A_{\text{TL}}$ [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht $A_{\text{kTL}}$ [m <sup>2</sup> ]	241,70
lichte Raumhöhe [m]	4,58 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	LED-Ersatzlampe

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 3: Z3 WC Sanitär

Fläche [m <sup>2</sup> ]	26,53 (7,3 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	26,53
lichte Raumhöhe [m]	4,58 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

### Beleuchtungsbereich 4: Z4 Sonstige Aufenthaltsräume

Fläche [m <sup>2</sup> ]	41,57 (11,5 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	41,57
lichte Raumhöhe [m]	4,58 (Standardwert)

### Kunstlicht

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

### Beleuchtungskontrolle

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

**Beleuchtungsbereich 5: Z5 Lager, Technik, Archiv**

Fläche [m <sup>2</sup> ]	28,29 (7,8 % der Zonenfläche)
Tageslichtversorgung: Berechnungsverfahren	vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-1:2011-12, Anhang D
Fläche mit Tageslicht A <sub>TL</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,00
Fläche ohne Tageslicht A <sub>kTL</sub> [m <sup>2</sup> ]	28,29
lichte Raumhöhe [m]	4,58 (Standardwert)

**Kunstlicht**

Berechnungsart	Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4
Beleuchtungsart	Direkt
Lampenart	Leuchtstofflampe stabförmig mit KVG

**Beleuchtungskontrolle**

Präsenzerfassung	Manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems	Manuell
Konstantlichtregelung vorhanden	nein

## Einstufung von Solar und Photovoltaik

### **Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung**

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, wie Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen sogenannten bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent deshalb, weil dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor, Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**Eine Nutzung von Solarenergie für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung ist möglich. Auf Grund der geringen Nutzung der Sanitären Einrichtung ist die Nutzung einer Solaranlage nicht wirtschaftlich.**

### **Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung**

Die regenerative Stromerzeugung führt mittlerweile zu einer erheblichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte zukünftig in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreuung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG, ermittelt werden.

Entsprechende Informationen können, wenn vorhanden, über ein Solarpotenzialkataster bezogen werden.

**Eine Nutzung von Solarenergie durch eine Photovoltaikanlage ist möglich. Jedoch auf Grund des relativ geringen Stromverbrauchs für die Eigennutzung unwirtschaftlich. Sollte sich die Möglichkeit bieten, die beiden Kindergärten mit anzubinden, würde eine Photovoltaikanlage sich wirtschaftlicher darstellen.**

## **2.7 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen**

### **2.7.1 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.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurstechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

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

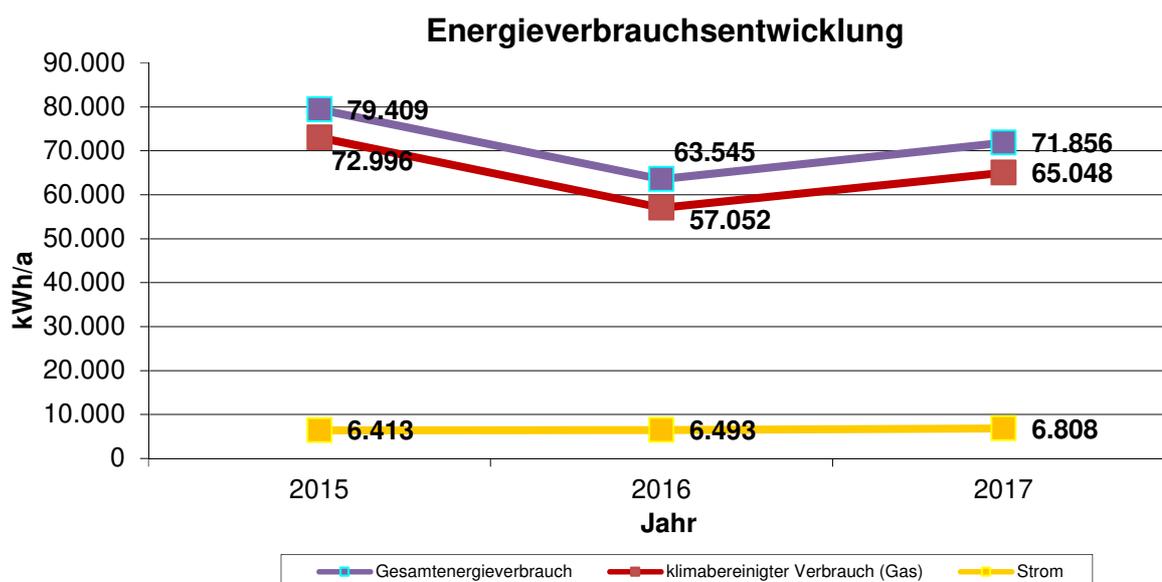
- das Lüftungsverhalten
- die Raumlufttemperatur
- die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl,...)
- der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre 2015 bis 2017 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

### Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	Heizung (Gas) [kWh/a]	Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	Klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	Wasser [m <sup>3</sup> /a]
2015	70.870	1,03	72.996	6.413	79.409	14
2016	55.390	1,03	57.052	6.493	63.545	20
2017	61.950	1,05	65.048	6.808	71.856	20
Mittelwert:	62.737		65.032	6.571	71.603	18

### Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft:



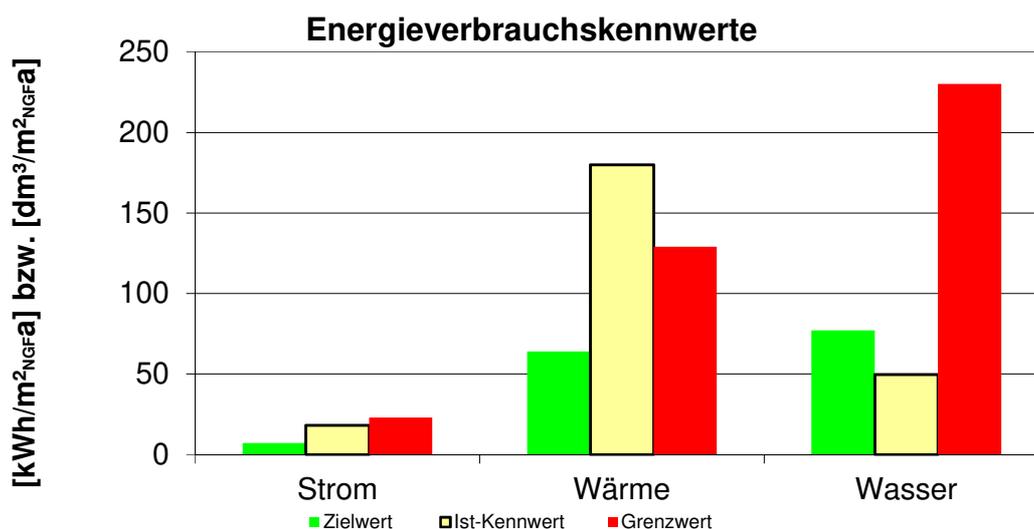
## 2.7.2 Verbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse, sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>3</sup>

Turnhallen / Sporthallen	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	7	18	23
Wärme	64	180	129
Wasser	77	50	230

Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Kreis Stormarn

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



<sup>3</sup> 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)

### 2.7.3 Emissionen

Für die emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche der Liegenschaft / Gebäude werden die CO<sub>2e</sub>-Faktoren des Kreises Stormarn aus GEMIS 4.5 verwendet. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub> pro kWh werden auch in dem Online-Bilanzierungstool ECORegion der ECOSpeed AG berücksichtigt. Es wurden die Emissionen zu den Energieverbräuchen aus dem Jahr 2018 errechnet.

<b>Energieträger</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor [g/kWh]</b>	<b>Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]</b>
Erdgas	245	61.950	15.178
Heizöl	315	0	0
Fernwärme	88	0	0
Strom	497	6.808	3.384
Summe:		68.758	18.562

## 2.8 Gebäudebetrachtung

### 2.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

<b>Energiebedarfskennwerte der bewerteten Gebäude</b>	
<b>in [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>646,53</b>
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>10,40</b>
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>3,74</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>5,26</b>
<b>Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser + Lüftung)</b>	<b>661</b>

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

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

**Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 20 % jedoch durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.**

**→ Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes**

## 2.8.2 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß der Angabe des Kreis Stormarn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

### Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Gebäude C + KT Erdgas	kWh	0,100	3,00	211,0
01 Gebäude D Strom-M	kWh	0,211	3,00	584,0

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Kreis Stormarn.

### Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,50
jährliche Preissteigerung [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Zinssatz entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

Inflationsrate entsprechend in Absprache mit dem Kreis Stormarn

## 2.9 Preisermittlung für die Sanierungskosten

Sämtliche Preise für Baustoffe und Bauleistungen sind Richtpreise und wurden als Kennwerte (z. B. BKI-Tabellen, Baukosten 2018 23. Auflage), Erfahrungswerte sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte ermittelt.

Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 10 % beaufschlagt.

## 3 Sanierungsvarianten

### 3.1 Übersicht Sanierungsvarianten

Nachfolgend erfolgt die Darstellung und Zusammenstellung der Sanierungsvarianten (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich

SV2: Fenstererneuerung

SV3: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung

SV4: Geschoßdecken- und Dachflächendämmung

SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV4

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der in der zurzeit gültigen Energieeinsparverordnung [EnEV] maximal zulässige U-Wert minus bis zu 30 % berücksichtigt.

## 4 Sanierungsvarianten (SV)

### 4.1 Tabellarische Gesamtübersicht

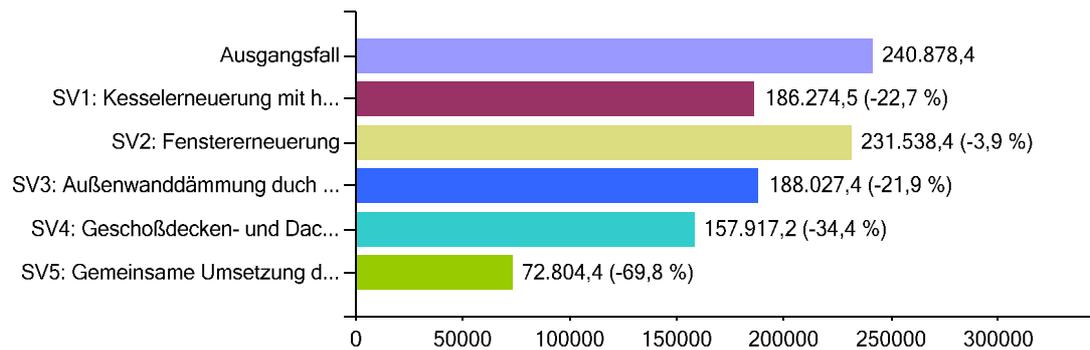
Parameter	Ausgangsfall	SV1: Kessel-erneuerung mit hydr. Abgleich	SV2: Fenster-erneuerung	SV3: Außenwanddämmung durch Hohlräumverfüllung	SV4: Geschoßdecken- und Dachflächen-dämmung	SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV4
Investition inkl. 10 % NK [€]	-	25.406	58.453	12.643	35.809	132.311
Nutzungsdauer [a]	-	25	35	45	45	45
dynamische Amortisation [a]	-	5	34	3	5	8
Kosten/ Nutzen-Faktor [€/kWh]	-	0,02	0,18	0,01	0,01	0,02
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] <sup>4)</sup>	22.248	17.411	21.402	17.456	14.725	7.170
Energiekostenersparnis im ersten Jahr [€/a]	-	4.838	847	4.793	7.524	15.079
prozentuale Energiekostenersparnis im ersten Jahr [%]	-	22	4	22	34	68
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	240.878	186.274	231.538	188.027	157.917	72.804
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	54.604	9.340	52.851	82.961	168.074
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	23	4	22	34	70
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	245.091	191.930	235.773	192.352	162.299	79.266
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	53.161	9.318	52.739	82.792	165.825
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	22	4	22	34	68
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	47.573	37.459	45.780	37.425	31.641	15.829
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	10.114	1.793	10.148	15.932	31.744
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	21,3	3,8	21,3	33,5	66,7

<sup>4)</sup> Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

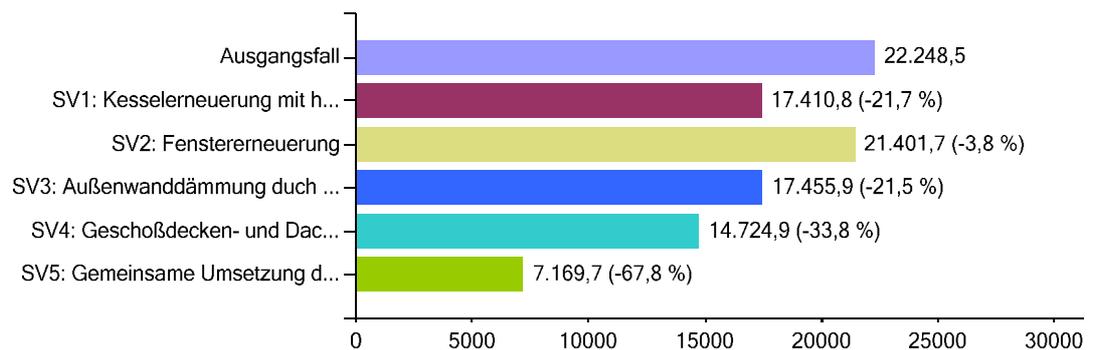
## 4.2 Endenergie- und Kosteneinsparung

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

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



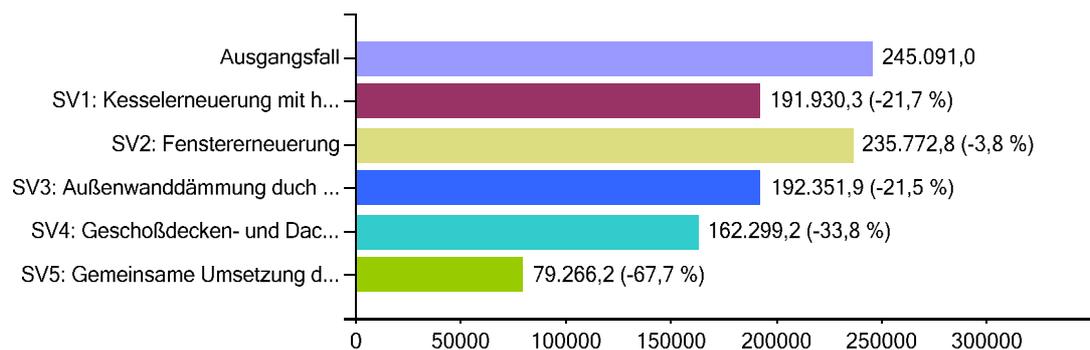
### 4.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz

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.

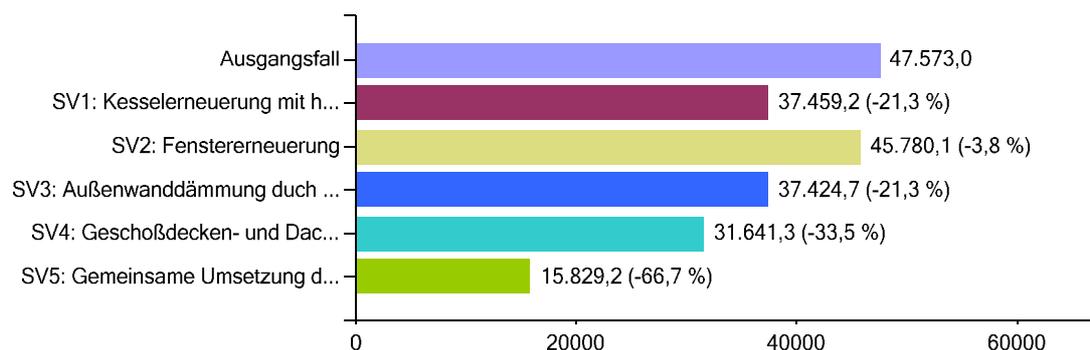
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>,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

In folgendem Diagramm 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]



## 4.4 SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich

### Erneuerung des alten Brennwertkessels mit hydr. Abgleich:

Für das Gebäude wird eine Heizlast- und Volumenstromberechnung durchgeführt. Der alte NT-Kessel wird durch einen neuen Brennwertkessel ersetzt. Die vorhandenen Heizungspumpen werden gegen Hocheffizienzpumpen ausgetauscht. 1K-Ventile einschließlich Thermostate ersetzen, soweit noch nicht erfolgt, die alten 2K-Heizungsventile. Nach Möglichkeit wird eine Einzelraumregelung installiert. Danach wird die Heizungsanlage entsprechend der Volumenstromberechnung hydraulisch abgeglichen. Sämtliche Heizungsrohre der Verteilungen im Keller werden entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Mit dem hydraulischen Abgleich des Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen erreichen. Das führt zu optimierten Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Stromseite aus. Zusätzlich sollte die alte Heizungssteuerung auf den neuesten technischen Stand gebracht werden.

Sanierungsvariante		SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	25.406	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	22.248	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	17.411	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	4.838	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	22	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	240.878	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	665,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	186.274	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	515,0	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	54.604	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	23	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	47.573	kg/a	

Sanierungsvariante		SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup> )		37.459	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup> )		10.114	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup> )		21,3	%
Nutzungsdauer		25	a
dynamische Amortisation		5	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup> )		0,02	€/kWh

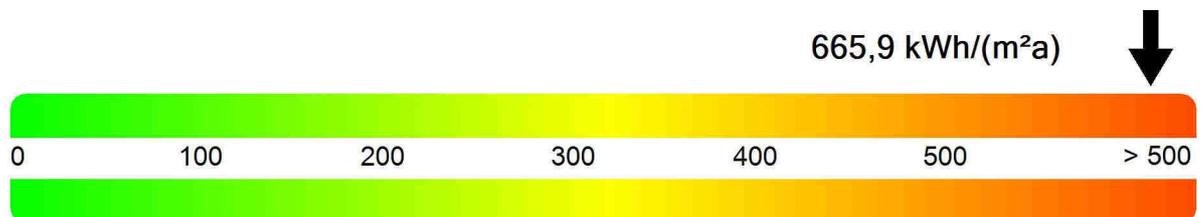
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

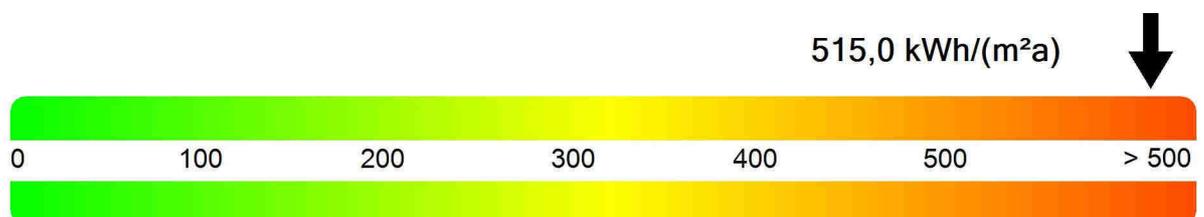
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.5 SV2: Fenstererneuerung

### Erneuerung der Fenster:

Die vorhandenen alten Fenster und Fenstertüren sollten entsprechend der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) ausgetauscht werden. Der aktuelle Uw-Wert beträgt 1,3 W/m<sup>2</sup>K. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung wird der rechnerische Uw-Wert um ca. 30 % gegenüber der aktuellen EnEV gesenkt. In dieser Simulation wird daher ein Uw-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	SV2: Fenstererneuerung	
	Wert	Einheit
Wirtschaftlichkeit		
Kenndaten		
Investition	58.453	€
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	70,9	m <sup>2</sup>
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	825,00	€/m <sup>2</sup>
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	22.248	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	21.402	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	847	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	4	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	240.878	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	665,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	231.538	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	640,1	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	9.340	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	4	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>	47.573	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	45.780	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	1.793	kg/a

Sanierungsvariante		SV2: Fenstererneuerung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		3,8	%
Nutzungsdauer		35	a
dynamische Amortisation		34	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,18	€/kWh

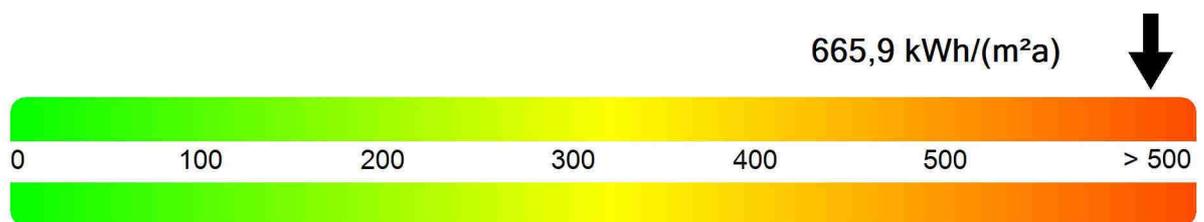
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

<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



## 4.6 SV3: Außenwanddämmung durch Hohlräumverfüllung

### Hohlraumdämmung der Außenwände:

Bei einer ausreichend starken Luftschicht zwischen Hintermauerung und Klinker besteht die Möglichkeit einer Hohlraumdämmung. Hierfür sollte eine Mauerwerksuntersuchung mittels Endoskop vorgenommen werden. Eine erste Überprüfung ergab eine mögliche Luftschicht von ca. 7,5 cm. Durch das Verfüllen dieser Luftschicht könnte der U-Wert erheblich verbessert werden. Für die Berechnung wird daher ein U-Wert von 0,426 W/m<sup>2</sup>K angesetzt.

Sanierungsvariante		SV3: Außenwanddämmung durch Hohlräumverfüllung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	12.643	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	402,2	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	31,44	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	22.248	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	17.456	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	4.793	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	22	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	240.878	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	665,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	188.027	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	519,8	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	52.851	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	22	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	47.573	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	37.425	kg/a	

Sanierungsvariante		SV3: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		10.148	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		21,3	%
Nutzungsdauer		25	a
dynamische Amortisation		3	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,01	€/kWh

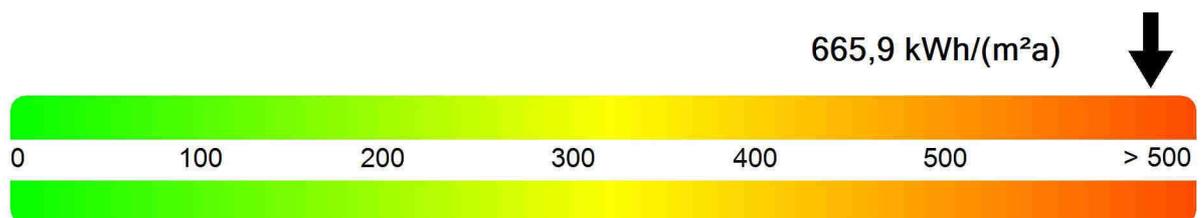
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

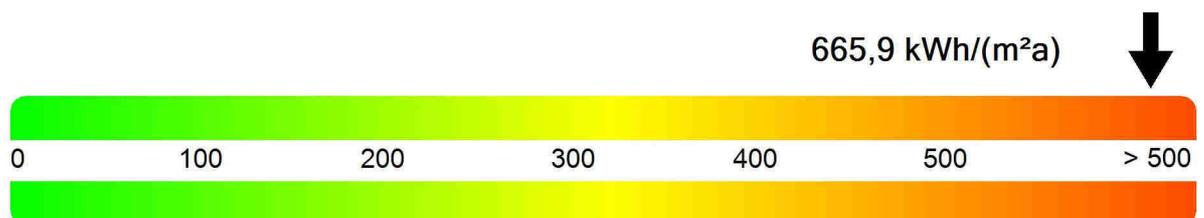
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.7 SV4: Geschoßdecken- und Dachflächendämmung

### Dämmen der obersten Geschossdecke:

Die oberste Geschossdecke wird durch trittfestes Material gedämmt. Die Dämmung kann zusätzlich flächendeckend bzw. in Form eines Laufsteges mit einer OSB-Abdeckung abgedeckt werden. Entsprechend der aktuellen Energieeinsparverordnung wird ein U-Wert von 0,24 W/m<sup>2</sup>K gefordert. Dieser U-Wert könnte durch eine ca. 8 cm starken Dämmung mit einem Lambda von 035 erreicht werden. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Simulation wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt, als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der entsprechende U-Wert von ca. 0,17 W/m<sup>2</sup>K wird durch eine ca. 14 cm starken Dämmung mit einem Lambda wert von 035. Die Mehrkosten hieraus resultieren nur aus der zusätzlichen Dämmstoffstärke.

### Dämmen der Dachflächen:

Die Steildachbereiche werden entsprechend den Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2016) gedämmt. Entsprechend der aktuellen Energieeinsparverordnung wird ein U-Wert von 0,24 W/m<sup>2</sup>K gefordert. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. Für die Simulation wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt, als es die aktuelle EnEV 2016 als Grenzwert zulässt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt 0,17 W/m<sup>2</sup>K.

Sanierungsvariante		SV4: Geschoßdecken- und Dachflächendämmung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	35.809	€	
Bauteilfläche (betrifft Bauteile, Fenster oder Türen)	268,1 232,8	m <sup>2</sup>	
spezifische Kosten (flächengemittelter Mittelwert)	71,50 71,50	€/m <sup>2</sup>	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	22.248	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	14.725	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	7.524	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	34	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	240.878	kWh/a	

Sanierungsvariante		SV4: Geschoßdecken- und Dachflächendämmung	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation		665,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		157.917	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante		436,6	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung		82.961	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung		34	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)</sup> ) <sup>2)</sup>		47.573	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>		31.641	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		15.932	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>		33,5	%
Nutzungsdauer		25	a
dynamische Amortisation		5	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,02	€/kWh

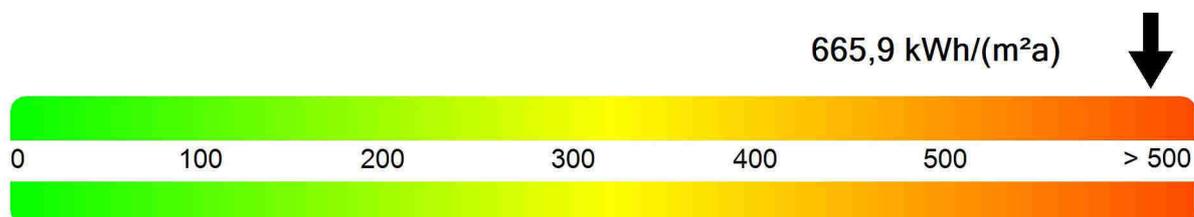
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

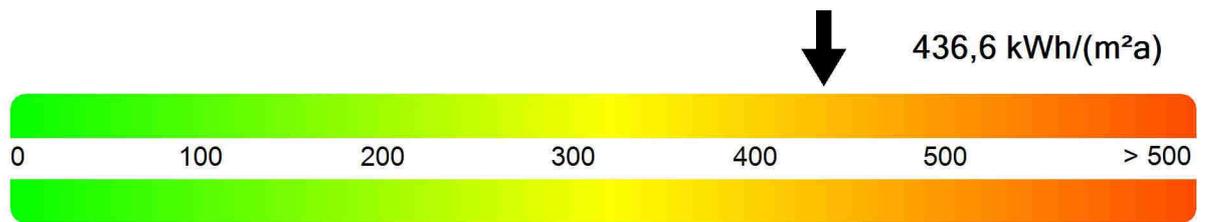
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

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



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



## 4.8 SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV4

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Kesselerneuerung mit hydr. Abgleich
- SV2: Fenstererneuerung
- SV3: Außenwanddämmung durch Hohlraumverfüllung
- SV4: Geschoßdecken- und Dachflächendämmung

zusammen umgesetzt.

Sanierungsvariante		SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV4	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	132.311	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	22.248	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	7.170	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	15.079	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	68	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	240.878	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	665,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	72.804	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	201,3	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	168.074	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	70	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	47.573,0	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	15.829,2	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	31.744	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	66,7	%	
Nutzungsdauer	45	a	

Sanierungsvariante		SV5: Gemeinsame Umsetzung der Varianten SV1 bis SV4	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten		Wert	Einheit
dynamische Amortisation		8	a
Kosten/Nutzen-Faktor <sup>3)</sup>		0,02	€/kWh

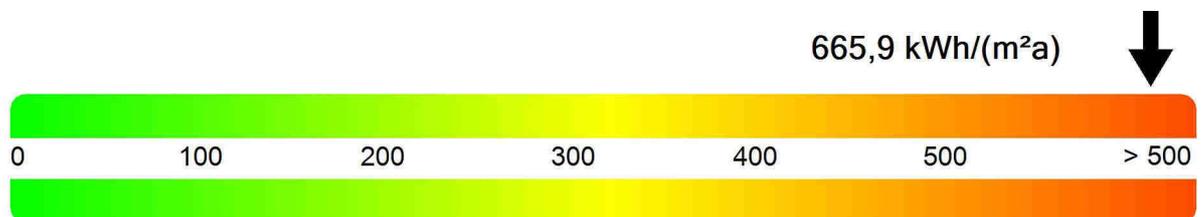
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Kreis Stormarn

<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

