

# Energieberatungsbericht

für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599



Gebäude: Sekundarschule  
Bauteil C  
Wirtsmühler Str. 12  
42929 Wermelskirchen

Auftragsgeber: Stadt Wermelskirchen  
Telegrafenstr. 29-33  
42929 Wermelskirchen

Berater: EBL<sup>2</sup> GmbH  
Dipl.-Ing. Thomas Lüdemann  
Marktstr. 44  
53424 Remagen  
Beraternr. (BAFA): 168177

Datum: 15.01.2024

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized letters, positioned above a dotted line.

Unterschrift/Stempel

## Inhalt

Energieberatungsbericht .....	1
Allgemeine Angaben.....	8
1. Zusammenfassende Darstellung .....	13
1.1    Allgemeine Angaben zum Gebäude .....	13
1.2    Ist-Zustand des Gebäudes.....	17
1.2.1 Gebäudehülle.....	17
1.2.2 Anlagentechnik .....	20
1.2.3 Modelberechnung nach DIN EN 18599 .....	22
1.2.4 Nutzungszonen .....	24
1.2.5 Energiebilanz.....	29
1.2.6 Bewertung des Gebäudes .....	32
1.2.7 Empfohlene Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudes .....	32
2. Energetische Sanierungskonzepte.....	34
2.1 Variante 1: LED-Leuchten.....	34
2.1.1 Einsparung.....	34
2.1.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen.....	36
2.1.3 Schätz-Investition €:.....	36
2.2 Variante 2: Luftwasser-Wärmepumpe + Bestand Gaskessel .....	37
2.2.1 Einsparung.....	37
2.2.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen.....	39
2.2.3 Schätz-Investition €:.....	40
2.3 Variante 3: Sole-Wasser Wärmepumpe + Gaskessel .....	41
2.3.1 Einsparung.....	42
2.3.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen.....	44
2.3.3 Schätz-Investition €:.....	45
2.4 Variante 4: PV-Anlage .....	46
2.4.1 Einsparung.....	49
2.4.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen.....	50
2.4.3 Schätz-Investition €:.....	50
3. Erzielbare Einsparungen durch die energetische Sanierung.....	51
3.1 Endenergiebedarf .....	51
3.2 Primärenergiebedarf .....	52
3.3 Nutzenergiebedarf.....	53

3.4 Schadstoff-Emissionen .....	54
3.5 Anlagentechnische Verluste .....	56
3.6 Brennstoffkosten .....	57
3.7 Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen 1-5 .....	58
4. Erläuterungen zur Wirtschaftlichkeit .....	59
6. Fazit .....	60

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 LAGEPLAN .....	13
ABBILDUNG 2 ANSICHT SÜD 1.....	14
ABBILDUNG 3 ANSICHT SÜD 2.....	14
ABBILDUNG 4 ANSICHT NORD .....	15
ABBILDUNG 5 ANSICHT NORD 2.....	15
ABBILDUNG 6 ANSICHT WEST .....	16
ABBILDUNG 7 ANSICHT WEST 2 .....	17
ABBILDUNG 8 AUßENWANDDÄMMUNG .....	18
ABBILDUNG 9 FENSTER AUS DEM BAUJAHR 2011.....	19
ABBILDUNG 10 DACHBODENDÄMMUNG .....	19
ABBILDUNG 11 ANLAGENTECHNIK .....	20
ABBILDUNG 12 BELEUCHTUNG .....	21
ABBILDUNG 13 3D MODEL -1.....	22
ABBILDUNG 14 3D MODEL -2.....	22
ABBILDUNG 15 3D MODEL -3.....	23
ABBILDUNG 16 3D MODEL -4.....	23
ABBILDUNG 17 ZONIERUNG KG .....	25
ABBILDUNG 18 ZONIERUNG EG .....	26
ABBILDUNG 19 ZONIERUNG OG1.....	27
ABBILDUNG 20 ZONIERUNG OG2.....	28
ABBILDUNG 21 IST-ZUSTAND VERLUSTE-GEWINNE .....	29
ABBILDUNG 22 TRANSMISSIONSVERLUSTE .....	30
ABBILDUNG 23 ENERGIEVERBRAUCH BESTAND .....	30
ABBILDUNG 24 ENERGIEBILANZ (IST-ZUSTAND).....	31
ABBILDUNG 25 BRENNSTOFF-BEDARF (IST-ZUSTAND) .....	31
ABBILDUNG 26 EMISSIONEN (IST-ZUSTAND).....	32
ABBILDUNG 27 GESAMTBEWERTUNG - PRIMÄRENERGIEBEDARF .....	32
ABBILDUNG 28 LED-LEUCHTEN .....	34
ABBILDUNG 29 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 1) .....	34
ABBILDUNG 30 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 1) .....	35
ABBILDUNG 31 EMISSIONEN (VARIANTE 1) .....	35

ABBILDUNG 32 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 1) .....	35
ABBILDUNG 33 BEISPIEL EINER HYBRIDANLAGE .....	37
ABBILDUNG 34 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 2) .....	38
ABBILDUNG 35 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 2) .....	38
ABBILDUNG 36 EMISSIONEN (VARIANTE 2) .....	38
ABBILDUNG 37 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 3) .....	39
ABBILDUNG 38 SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE + GASHEIZUNG .....	41
ABBILDUNG 39 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 3) .....	42
ABBILDUNG 40 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 3) .....	43
ABBILDUNG 41 EMISSIONEN (VARIANTE 3) .....	43
ABBILDUNG 42 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 3) .....	44
ABBILDUNG 43 STROMPREISENTWICKLUNG 2015-2022 .....	46
ABBILDUNG 44 PV-ERTRAG .....	47
ABBILDUNG 45 BEISPIEL PV-ANLAGE .....	48
ABBILDUNG 46 BEISPIEL PV-ANLAGE .....	48
ABBILDUNG 47 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 4) .....	49
ABBILDUNG 48 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 4) .....	49
ABBILDUNG 49 EMISSIONEN (VARIANTE 4) .....	50
ABBILDUNG 50 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 4) .....	50
ABBILDUNG 51 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM ENDENERGIEBEDARF .....	51
ABBILDUNG 52 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM ENDENERGIEBEDARF PRO M <sup>2</sup> .....	51
ABBILDUNG 53 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM PRIMÄRENERGIEBEDARF .....	52
ABBILDUNG 54 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM PRIMÄRENERGIEBEDARF PRO M <sup>2</sup> .....	52
ABBILDUNG 55 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM NUTZENERGIEBEDARF .....	53
ABBILDUNG 56 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM NUTZENERGIEBEDARF PRO M <sup>2</sup> .....	53
ABBILDUNG 57 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN .....	54
ABBILDUNG 58 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN PRO M <sup>2</sup> .....	54
ABBILDUNG 59 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN STICKSTOFFOXID -EMISSIONEN .....	55
ABBILDUNG 60 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN SCHWEFELDIOXID -EMISSIONEN .....	55
ABBILDUNG 61 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN DEN ANLAGENTECHNISCHEN VERLUSTEN ..	56

ABBILDUNG 62 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN DEN ANLAGENTECHNISCHEN VERLUSTEN	
PRO M <sup>2</sup> .....	56
ABBILDUNG 63 BRENNSTOFFKOSTEN .....	57

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 ALLGEMEINE ANGABEN ZUM GEBÄUDE .....	13
TABELLE 2 U-WERTE .....	18
TABELLE 3 ANLAGENTECHNIK .....	20
TABELLE 4 ZONEN NACH DIN V 18599 .....	24
TABELLE 5 ENERGIEVERBRAUCH 2020-2022.....	30
TABELLE 6 SANIERUNGSFAHRPLAN MAßNAHMEN .....	33
TABELLE 7 WIRTSCHAFTLICHKEIT .....	58

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG)
GEG	Gebäudeenergiegesetz
EnEV	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV)
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
V1	Sanierungsvariante 1
V2	Sanierungsvariante 2
V3	Sanierungsvariante 3
V4	Sanierungsvariante 3
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
WLG	Wärmeleitgruppe
LW WP	Luft-Wasser Wärmepumpe
SW WP	Sole-Wasser Wärmepumpe

Einheiten

a	Jahr
cm	Zentimeter
° C	Grad Celsius
h	Stunde
K	Kelvin
kWh	Kilowattstunde
kWp	Nennleistung Photovoltaik-Anlage
MWh	Megawattstunde
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
t	Tonne
W	Watt
€	Euro



## Allgemeine Angaben

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten.

Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung des Gebäudeeigentümers. Um den Erfolg zu sichern und Bauschäden aufgrund der bauphysikalischen Problematik im Altbau zu vermeiden, sollte eine sorgfältige fachliche Planung vor Durchführung sowie Überwachung während der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen erfolgen.

Die empfohlenen Sanierungsmaßnahmen basieren auf dem heutigen Stand der Technik. Bei zukünftiger Durchführung sollten die Sanierungsempfehlungen im Rahmen einer energetischen Fachplanung dem jeweils aktuellen Stand der Technik angepasst werden. Nur dann kann ein technisch und wirtschaftlich optimales Ergebnis erzielt werden.

Dieser Beratungsbericht beinhaltet keinerlei Planungsleistungen insbesondere im Bereich von energetischen Nachweisen oder Fördergeldanträgen, Kostenermittlung, Ausführungsplanung oder Bauphysik. Die Berechnungen des vorliegenden Berichts basieren auf den Geometriedaten des unsanierten Gebäudes. Für sämtliche energetische Nachweise sind grundsätzlich die Geometriedaten der Sanierungsplanung zugrunde zu legen. Die angegebenen Investitionskosten sind grobe Schätzungen. Die genauen Baukosten sollten durch Vergleichsangebote ermittelt werden. Die Annahmen zu Baukonstruktion und Anlagentechnik sind bei Durchführung der Maßnahmen vor Ort zu prüfen.

### **Treibhausgase**

Bei jeder Nutzung von Energieträgern als Brennstoff wird CO<sub>2</sub> freigesetzt. Die dabei entstehende Menge an CO<sub>2</sub> hängt zum einen von der Art, zum anderen von der Menge des verbrannten Brennstoffes ab. So werden z. B. bei der Verwendung von Heizöl je verheiztem Liter Brennstoff etwa 3 kg CO<sub>2</sub> und bei der Erzeugung von Strom in Großkraftwerken für jede beim Endverbraucher entnommene kWh etwa 700 g CO<sub>2</sub> emittiert. Auch regenerative Brennstoffe emittieren bei der Verbrennung CO<sub>2</sub>. Dieses entstammt jedoch einem natürlichen Kreislauf und trägt damit nicht zur Klimaerwärmung bei.

### **Gebäudeenergiegesetz (GEG)**

Im Jahr 2002 wurde die erste Energieeinsparverordnung EnEV in Kraft gesetzt und seither in mehreren Stufen weiterentwickelt. Ein wesentliches Ziel dieser „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ ist es, den Energieverbrauch von Neu- und Altbauten künftig weiter zu reduzieren.

Die bis Ende 2020 gültige Fassung der EnEV von 2013 stellt Anforderungen an den Wärmeschutz, an heizungstechnische Anlagen und Warmwasseranlagen, sowie an den nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs von Gebäuden.

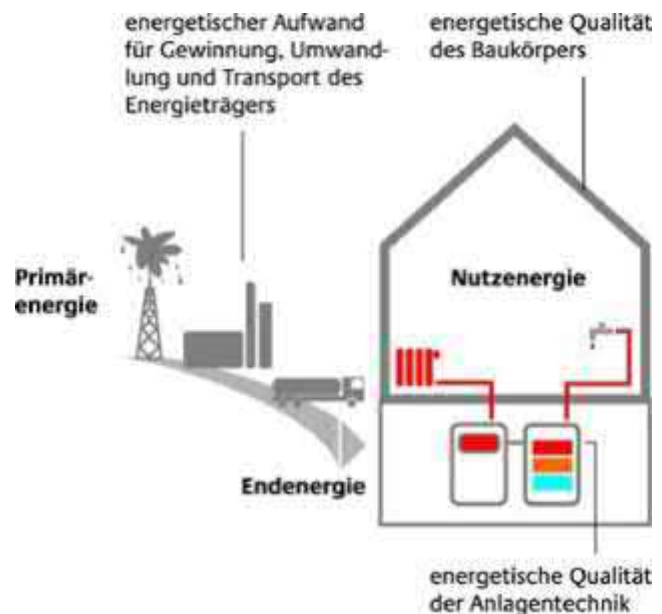
Das aktuelle Gebäudeenergiegesetz (GEG) führt das Energieeinspargesetz, die

Energieeinsparverordnung und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz zusammen. Es wurde als Art. 1 des Gesetzes zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze erlassen, welches das Energieeinsparrecht für Gebäude vereinheitlicht und weitere Gesetze ändert.

### Primärenergiebedarf

Beim Primärenergiebedarf eines Gebäudes wird die komplette Energieprozesskette, inklusive der Gewinnung und Bereitstellung eines Brennstoffs, berücksichtigt. Damit ist der Primärenergiebedarf eines Gebäudes auch ganz wesentlich vom eingesetzten Energieträger abhängig.

Während z. B. der Anteil des Primärenergieinhalts von Holz oder Holzpellets weniger als 1/5 des Primärenergieinhalts von Heizöl oder Erdgas beträgt, liegt der Primärenergieinhalt von Strom deutlich über dem Primärenergieinhalt von Heizöl oder Erdgas.



### Hinweis

Dieser Bericht soll den Beratungsempfänger dabei unterstützen, Möglichkeiten für Energiesparmaßnahmen zu erkennen. Die Umsetzung der Energiesparmaßnahmen spart wertvolle Rohstoffe ein, hilft der Umwelt durch die Vermeidung von Schadstoffemissionen und dem Beratungsempfänger, Brennstoffkosten zu reduzieren. Der Komfort und der Wert des Gebäudes können sich erhöhen. Energiesparmaßnahmen sind somit eine gute und sichere Anlage für Ihre Zukunft.

- Der erstellte Energiebericht, und die darin gemachten Angaben unterliegen dem Datenschutz und werden nicht an Dritte weitergeben.
- Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten.
- Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der durchführenden Fachfirmen.  
Die Kostenangaben basieren auf marktüblichen Vergleichspreisen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung. Bei künftigen Investitionen sollten immer mehrere Vergleichsangebote eingeholt werden, um den geeignetsten Anbieter zu ermitteln.
- Dieser Beratungsbericht beinhaltet keinerlei Planungsleistungen, insbesondere im Bereich von energetischen Nachweisen, Fördergeldanträgen, Kostenermittlungen und Bauphysik.

- Der Beratungsbericht ist kein Ersatz für eine Ausführungsplanung. Für die Durchführung der empfohlenen Maßnahmen wenden Sie sich bitte an die jeweiligen Fachleute, um eine bauphysikalisch und technisch einwandfreie Konstruktion zu erhalten.
- Die Berechnungen des vorliegenden Berichts basieren auf den Geometriedaten des unsanierten Gebäudes. Für sämtliche energetischen Nachweise sind grundsätzlich die Geometriedaten der Sanierungsplanung zugrunde zu legen.
- Eine Gewähr für die tatsächliche Erreichung der abgeschätzten Energieeinsparung kann nicht übernommen werden, weil nicht erfasste Randbedingungen wie außergewöhnliches Nutzerverhalten, untypische Bauausführung usw. Einflüsse darstellen, die im Rahmen dieser Orientierungshilfe nicht berücksichtigt werden können
- Der Beratungsbericht ist urheberrechtlich geschützt und alle Rechte bleiben dem Unterzeichner vorbehalten. Der Beratungsbericht ist nur für den Auftraggeber und nur für den angegebenen Zweck bestimmt.
- Eine Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit der schriftlichen Genehmigung des Verfassers gestattet.

**Vorschriften und Normen:**

## Gebäudeenergiegesetz GEG

- |                    |  |
|--------------------|--|
| DIN 277 Teil 1     | - Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau Teil 1 - Begriffe, Ermittlungsgrundlagen   |
| DIN EN 832         | - Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden  |
| DIN 4108 Teil 2    | - Mindestanforderungen an den Wärmeschutz  |
| DIN 4108 Teil 3    | - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungs-verfahren und Hinweise |
| DIN V 4108 Teil 4  | - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 4: Wärme - und feuchteschutztechnische Bemessungswerte                             |
| DIN V 4108 Bbl 2   | - Wärmeschutz und Energie- Einsparung in Gebäuden Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele                                       |
| DIN EN ISO 6946    | - Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärme-durchgangskoeffizient –Berechnungsverfahren  |
| DIN EN ISO 10077-1 | - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Teil 1: Vereinfachtes Verfahren             |
| DIN EN 12524       | - Baustoffe und -produkte - Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte  |
| DIN EN ISO 13370   | - Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden -Wärmeübertragung über das Erdreich  |
| DIN V 18599 Teil 1 | - Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger   |
| DIN V 18599 Teil 2 | - Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen   |
| DIN V 18599 Teil 3 | - Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung  |
| DIN V 18599 Teil 4 | - Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung   |
| DIN V 18599 Teil 5 | - Endenergiebedarf von Heizsystemen  |
| DIN V 18599 Teil 6 | - Endenergiebedarf von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau   |
| DIN V 18599 Teil 7 | - Endenergiebedarf von Raumluftheiz- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau   |

- DIN V 18599 Teil 8 - Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
- DIN V 18599 Teil 9 - End- und Primärenergiebedarf von stromproduzierenden Anlagen
- DIN V 18599 Teil 10 - Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten

## 1. Zusammenfassende Darstellung

### 1.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Tabelle 1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Berechnungsverfahren und Randbedingungen	GEG 2023 – DIN 18599:2018
Gebäudetyp	Nichtwohngebäude
Nutzung	Sekundarschule
Baujahr	1968
Lage	halbfreie Lage
Hauptnutzung	Schulgebäude
Bauweise	Massivbauweise
Vollgeschosse	3
Nettogrundfläche	1366,8 m <sup>2</sup>
Gebäudevolumen	5770,1 m <sup>3</sup>

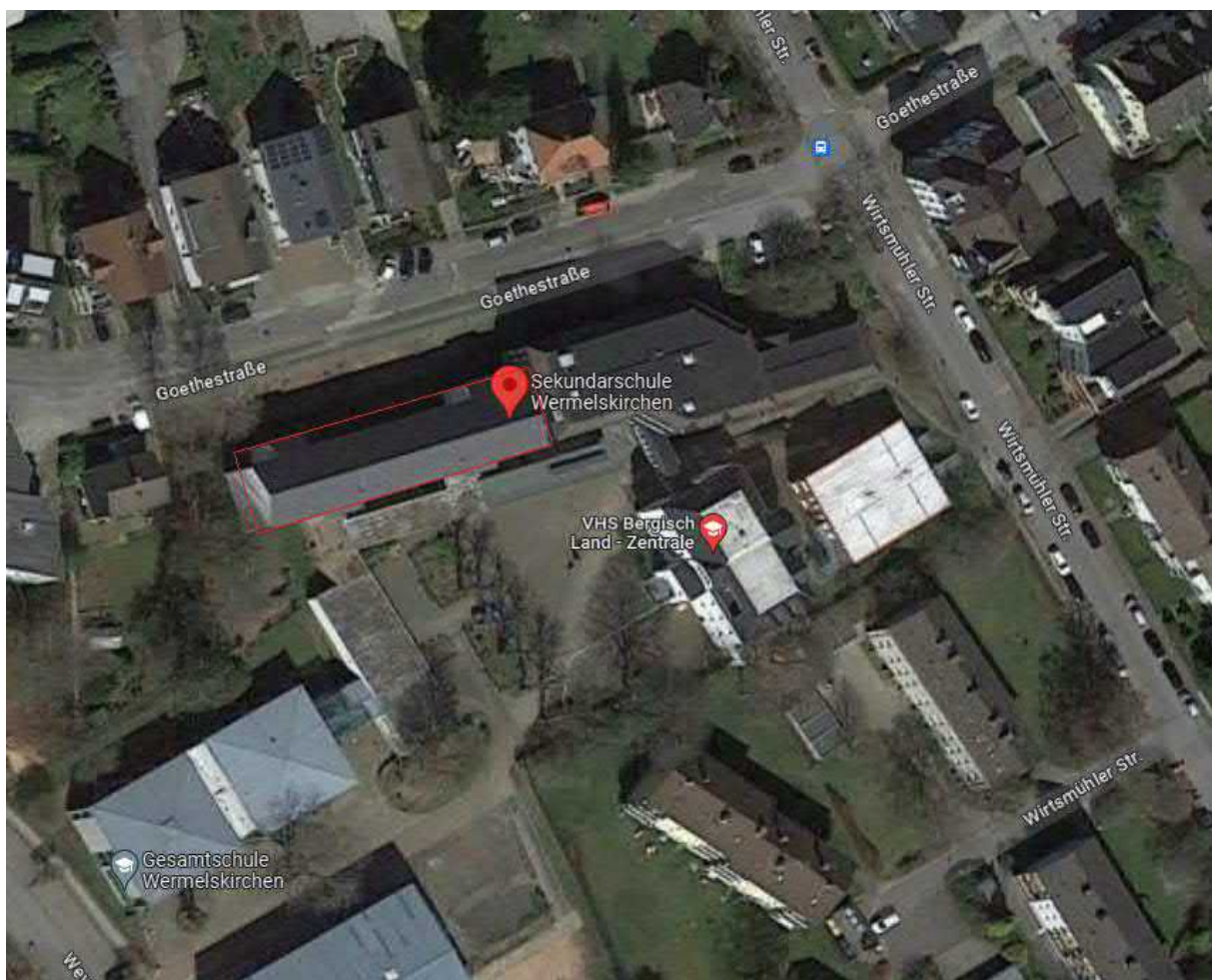


Abbildung 1 Lageplan



Ansichten:



Abbildung 2 Ansicht Süd 1



Abbildung 3 Ansicht Süd 2



Abbildung 4 Ansicht Nord



Abbildung 5 Ansicht Nord 2





Abbildung 6 Ansicht West



Abbildung 7 Ansicht West 2

#### Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurden das GEG-Standard-Nutzerverhalten und die Standardklimabedingungen für Deutschland zugrunde gelegt. Daher können aus den Ergebnissen keine Rückschlüsse auf die absolute Höhe des Brennstoffverbrauchs gezogen werden.

### 1.2 Ist-Zustand des Gebäudes

#### 1.2.1 Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die GEG bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.



Tabelle 2 U-Werte

Bauteil	U-Wert* (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>max</sub> GEG *	U <sub>max</sub> BEG **
Außenwände	0,23	0,24	0,20
Fenster (2010)	1,30	1,30	0,95
Außentüren	1,30	1,30	1,30
Dachboden	0,17	0,24	0,14
Bodenplatte	1,20	0,30	0,25

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Anforderungen an U-Werte sind bei der Sanierung der jeweiligen Bauteile für eine Förderungen als Einzelmaßnahme einzuhalten (siehe Technische Mindestanforderungen zum Programm Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen)

#### 1.2.1.1 Außenwände:



Die Außenwände sind mit 14 cm EPS-Wärmedämmung der Wärmeleitgruppe 035 gedämmt. Dadurch ergibt sich ein U-Wert von 0,23 W/m<sup>2</sup>K.

Abbildung 8 Außenwanddämmung

#### 1.2.1.2 Böden:

Die Böden konnten weder bei der Datenaufnahme vor Ort noch durch die vorliegenden Baupläne mit Sicherheit bestimmt werden, wodurch Unsicherheiten bei den vorliegenden

Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) resultieren. Für die betroffenen Bauteile wurden baujahrtypische Konstruktionen angenommen.

Dieser Bauteil wurde mit dem folgenden Parameter bilanziert:

U-Wert 1,20 W/m<sup>2</sup>K nach EnEV 2015 1958-1968 - Boden gegen Erdreich, Stahlbeton massiv.

#### 1.2.1.3 Fenster und Türen:



Die Fenster und Türen mit Zwei-Scheibenverglasungen wurden im Jahr 2010 montiert. Ihre Lebenszyklus beträgt 25 bis 50 Jahre\*.

Sie wurden in der Bilanzierung mit einem U-Wert von 1,3 W/km<sup>2</sup> nach der EnEV 2009 berechnet:

\* Quelle: BTE-Lebensdauer katalog

Abbildung 9 Fenster aus dem Baujahr 2011

#### 1.2.1.4 Dachboden:



Der Dachboden ist mit 20 cm EPS-Wärmedämmung der Wärmeleitgruppe 035 gedämmt. Dadurch ergibt sich ein U-Wert von 0,17 W/m<sup>2</sup>K.



Abbildung 10 Dachbodendämmung

### 1.2.2 Anlagentechnik

Das Gebäude wird mit Brennwert-Kessel versorgt. Die Nennleistung beträgt ca. 297,00 kW. In der Tabelle 3 ist die Wärmeerzeugung detailliert erläutert.

Die Beleuchtung besteht aus älteren Technologien z.B. Leuchtstoffröhren, wodurch hier eine große Einsparung möglich ist.

*Tabelle 3 Anlagentechnik*

Wärmeerzeugung (Heizung + Warmwasser)	
Art (Baujahr)	Brennwert-Kessel (2011)
Leistung	297 kW
Brennstoff	Erdgas
Übergabe	Heizkörper 70/55°C
Regelung	P-Regler
Automatisierungsklasse	Klasse C



*Abbildung 11 Anlagentechnik*



Abbildung 12 Beleuchtung



## 1.2.3 Modelberechnung nach DIN EN 18599



Abbildung 13 3D Model -1

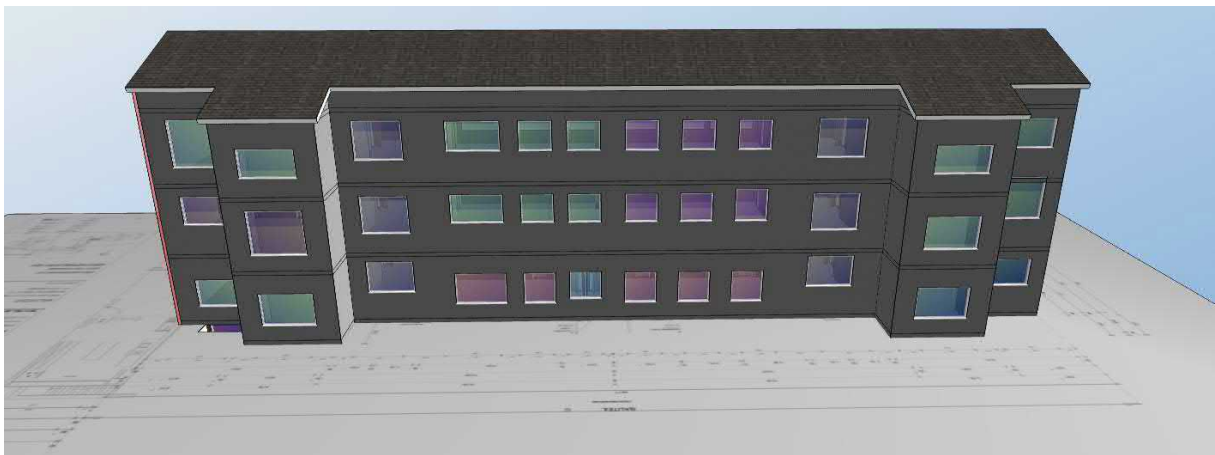


Abbildung 14 3D Model -2



Abbildung 15 3D Model -3



Abbildung 16 3d Model -4



### 1.2.4 Nutzungszonen

Das Bilanzierungsverfahren der DIN V 18599:2011-12 zur energetischen Bewertung von Gebäuden (Berechnung des Nutz-, End-, und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung) setzt für das betrachtete Gebäude eine zonenweise Berechnung des Energiebedarfs voraus. Daher wurde für das Gebäude eine Zonierung vorgenommen. Diese wird in den folgenden Abbildungen geschossweise dargestellt.

Räume einer Zone müssen nicht physisch miteinander verbunden sein (sie können z.B. in unterschiedlichen Geschossen an unterschiedlichen Stellen im Gebäude liegen). Eine physische Grenze (Wand) zwischen zwei Zonen ist nicht notwendigerweise erforderlich.

*Tabelle 4 Zonen nach DIN V 18599*

#### Zonen:

Nr.	Zone	Fläche [m²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m²]	Konditionierung
1	Verkehrsfläche	385,13	28,18	800,71	Heizung + Beleuchtung
2	Bibliothek - Lesesaal	81,05	5,93	209,21	Heizung + Beleuchtung
3	WC und Sanitärräume	9,73	0,71	21,03	Heizung + Beleuchtung
4	Gruppenbüro	78,33	5,73	146,88	Heizung + Beleuchtung
5	Klassenzimmer (Schule)	609,84	44,62	1075,71	Heizung + Beleuchtung
6	Nebenflächen ohne Aufenthaltsraum	58,78	4,30	52,98	Heizung + Beleuchtung
7	Besprechung/Sitzungszimmer	143,93	10,53	0,00	Heizung + Beleuchtung
8	unbeheizte Zone	(394,21)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
9	Lager	(210,25)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
Σ		1366,79		Σ 2306,52	

\* Für die Berechnung der Nettogrundfläche nach GEG werden nur beheizte/gekühlte Zonen berücksichtigt.

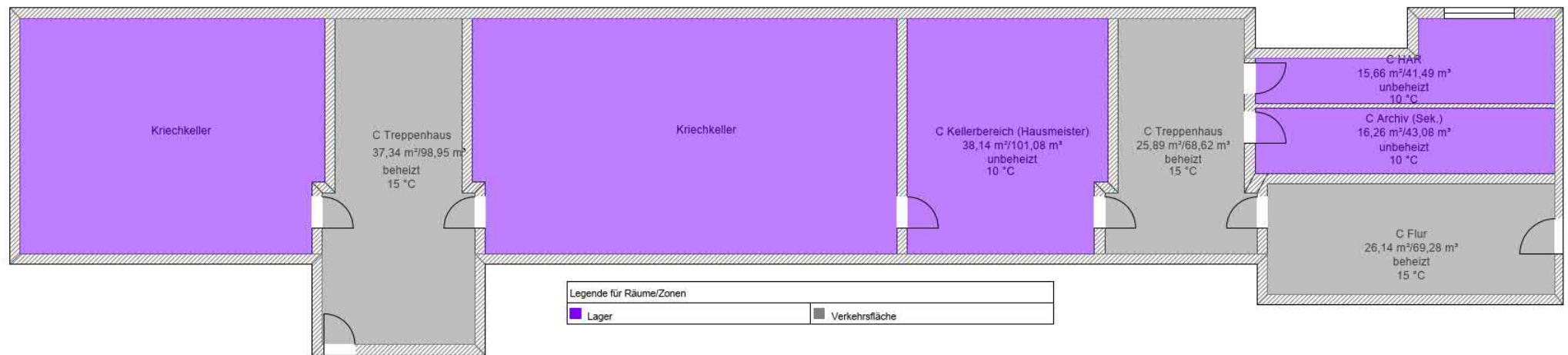


Abbildung 17 Zonierung KG

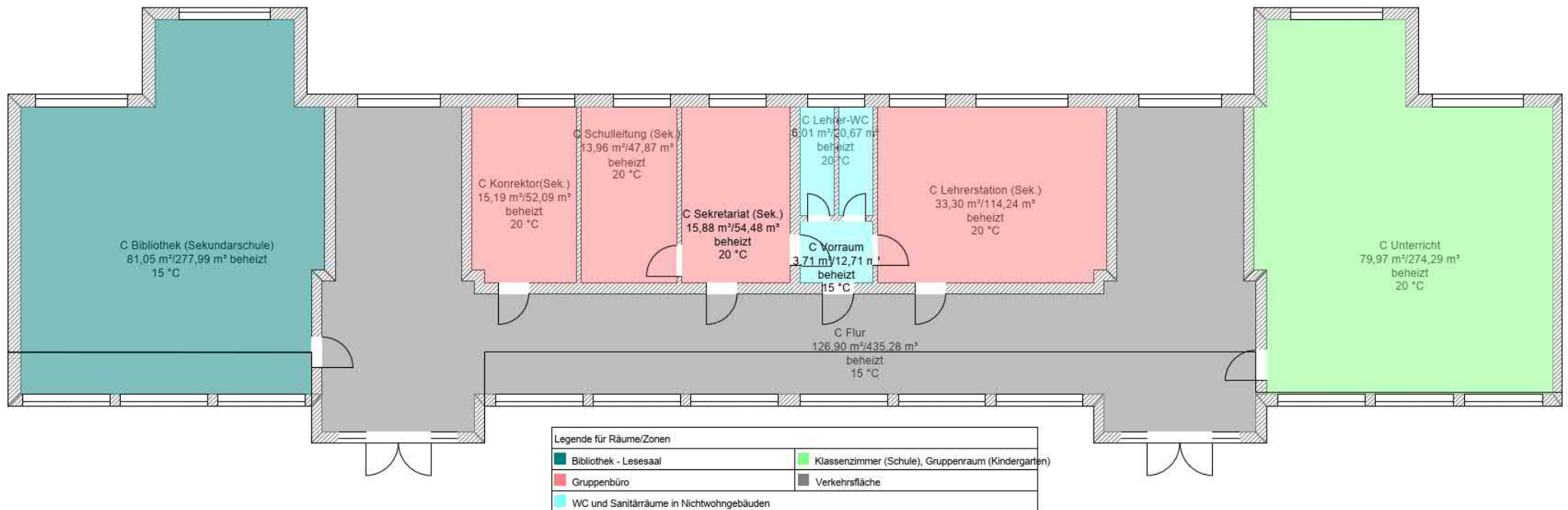


Abbildung 18 Zonierung EG

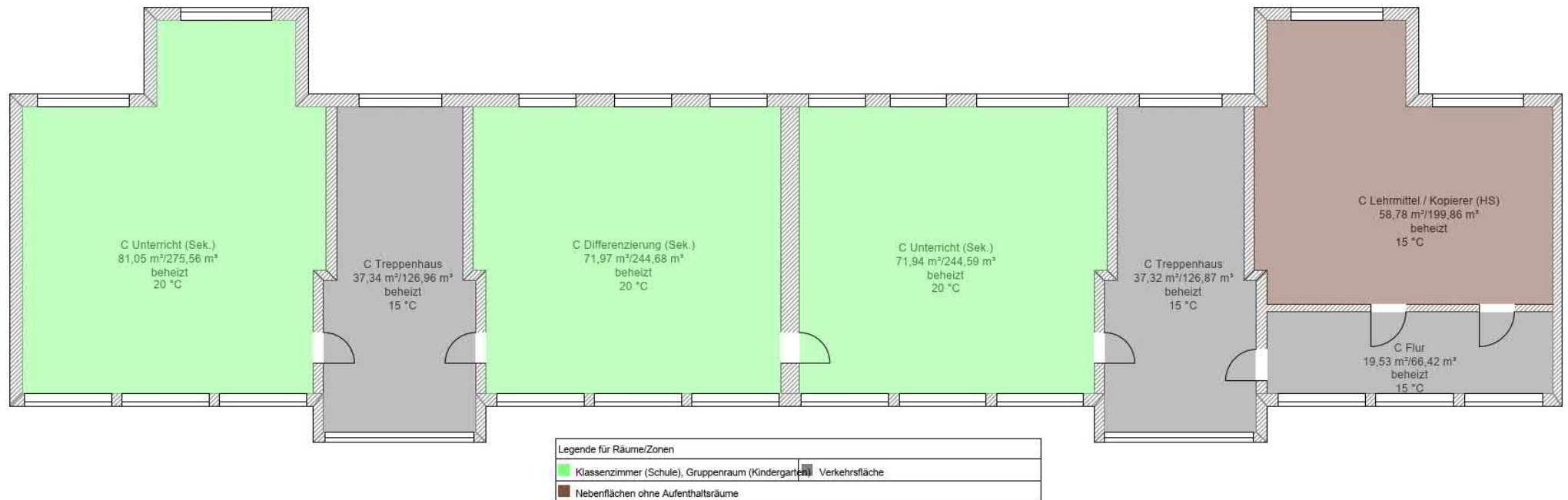


Abbildung 19 Zonierung OG1

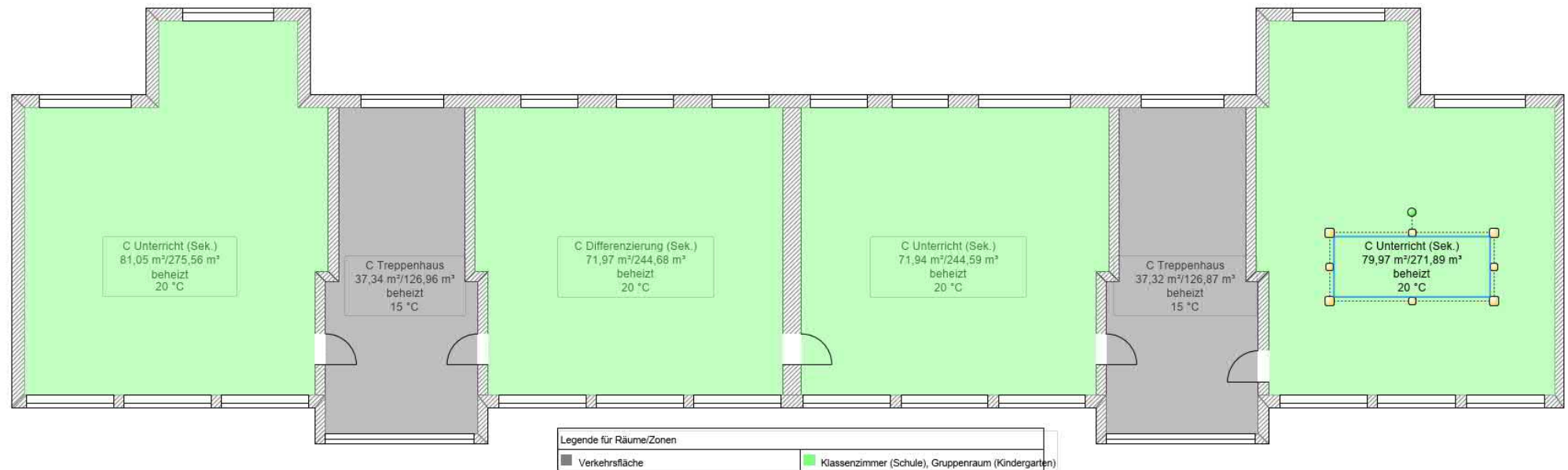


Abbildung 20 Zonierung OG2

## 1.2.5 Energiebilanz

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie.

In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.

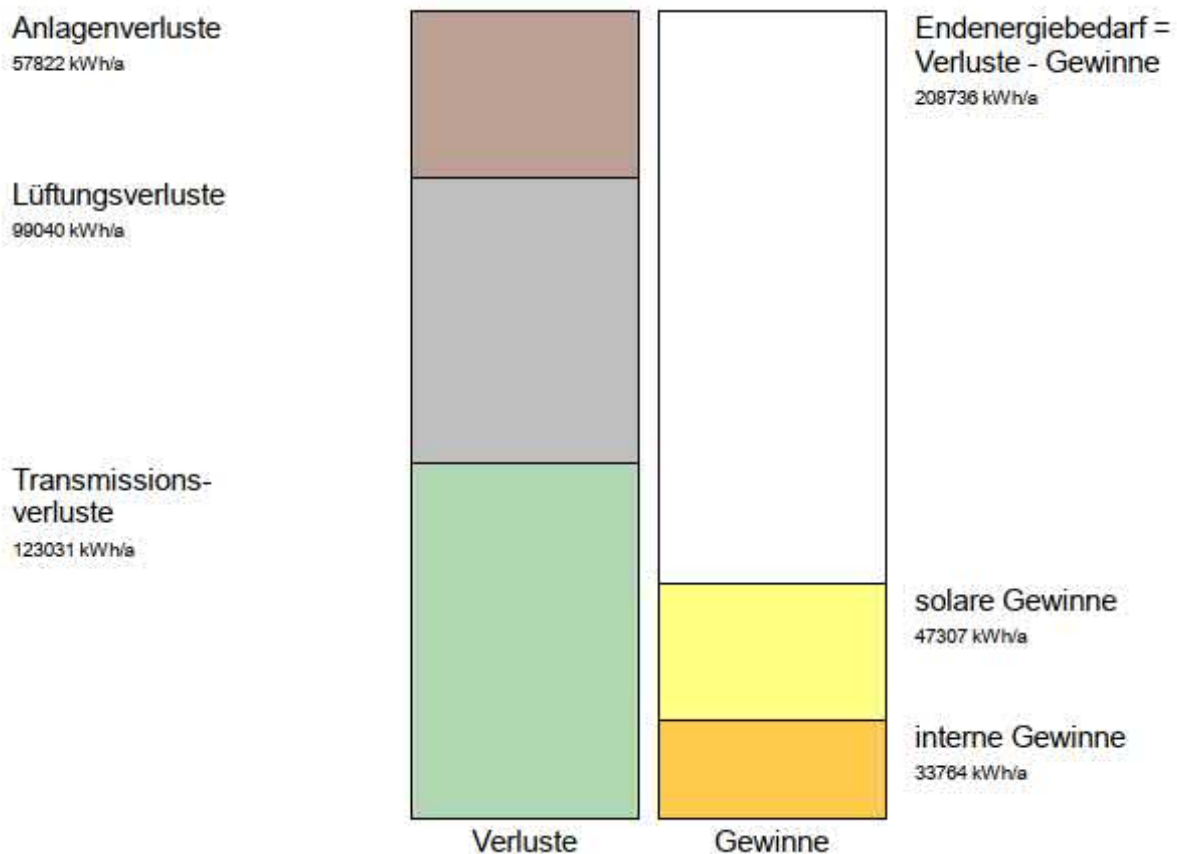


Abbildung 21 Ist-Zustand Verluste-Gewinne

Die Aufteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen - Dach - Außenwand - Fenster - Keller - und der Anlagenverluste auf die Bereiche - Heizung - Warmwasser - Hilfsenergie (Strom) – können Sie den folgenden Diagrammen entnehmen. Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich die Energie verloren geht, bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale in Ihrem Gebäude liegen.

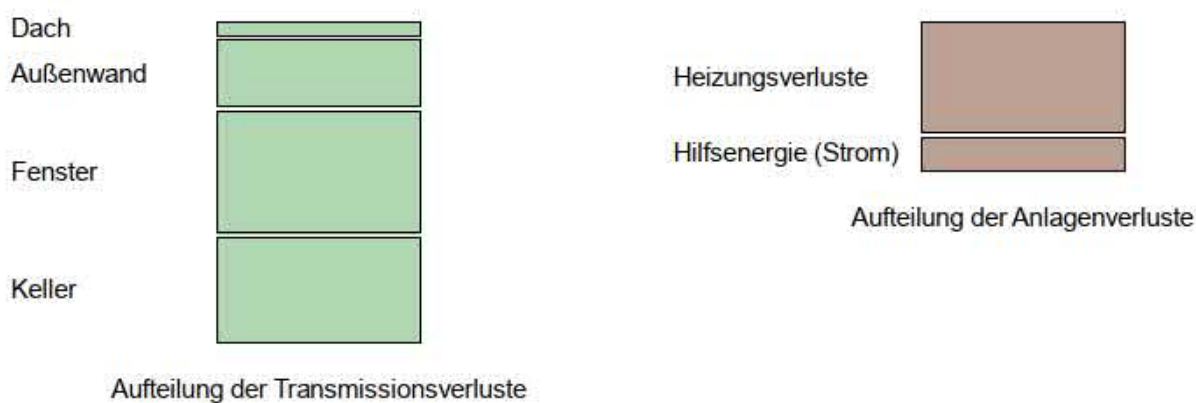


Abbildung 22 Transmissionsverluste

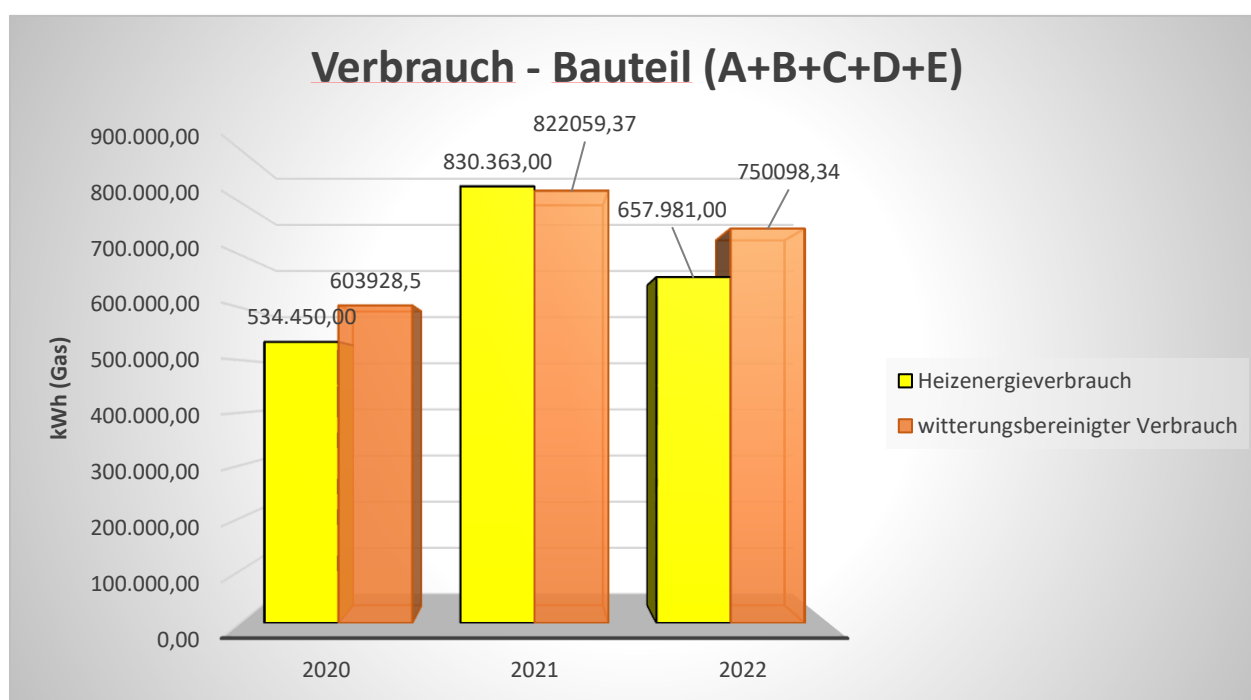


Abbildung 23 Energieverbrauch Bestand

Tabelle 5 Energieverbrauch 2020-2022

	2020	2021	2022
Strom	177.294,707	176.190,477	194.400,11
Gas	534.450,00	830.363,00	657.981,00
Klimafaktor	1,13	0,99	1,14
Gas – Klimabereinigt	603.928,5	822.059,37	750.098,34

**Energiebilanz für das Gebäude:**

	in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie		148753	141000	0	0	7753	0
		108,83	103,16	0	0	5,67	0
Endenergie		208736	196327	0	0	12408	0
		152,72	143,64	0	0	9,08	0
Primärenergie		217750	195415	0	0	22335	0
		159,32	142,97	0	0	16,34	0

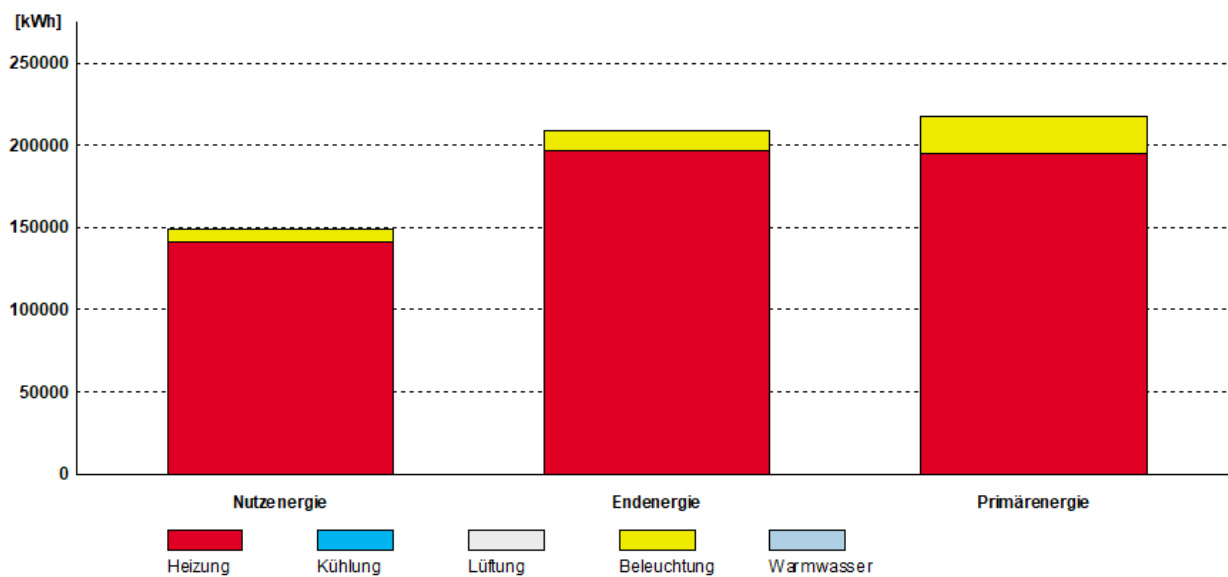


Abbildung 24 Energiebilanz (Ist-Zustand)

**Brennstoff-Bedarf**

Erdgas E 16.883 m³

 Strom  
 (Hilfsenergie) 13.467 kWh

**Energiekosten**  
 (inkl. Betriebskosten) 36.004 €

Abbildung 25 Brennstoff-Bedarf (Ist-Zustand)

Erdgas E: 16 Cent/kWh (brutto)

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)



### Emission

<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	49.762 kg	<div></div>
SO <sub>2</sub> -Emissionen	42,58 kg	<div></div>
NO <sub>x</sub> -Emissionen	43,03 kg	<div></div>

Abbildung 26 Emissionen (Ist-Zustand)

### 1.2.6 Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 63 kWh/m<sup>2</sup>a.

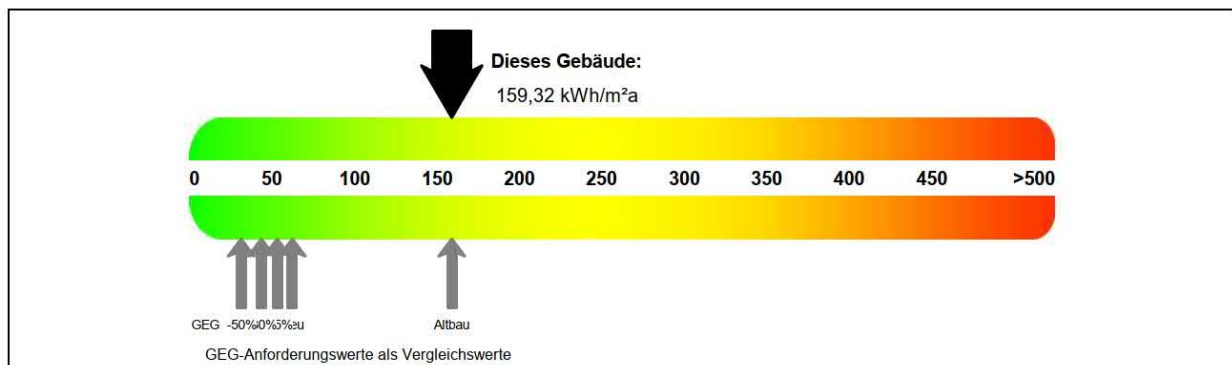


Abbildung 27 Gesamtbewertung - Primärenergiebedarf

### 1.2.7 Empfohlene Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudes

Tabelle 6 zeigt eine Übersicht über die empfohlenen Sanierungsmaßnahmen auf. Die Sanierungsmaßnahmen können kombiniert werden und in mehreren Schritten erfolgen. Alternativ können die im Sanierungsfahrplan empfohlenen Maßnahmen zu einem gemeinsamen Zeitpunkt umgesetzt werden.

Tabelle 6 Sanierungsfahrplan Maßnahmen

Sanierungsvariante	Maßnahme
<b>V1</b>	LED-Beleuchtung
<b>V2</b>	Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V3</b>	Sole-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V4</b>	PV-Anlage

Der empfohlene Zeitpunkt der Durchführung richtet sich einerseits nach dem Lebenszyklus von technischen Anlagen (Heizungssystem, Photovoltaik, Beleuchtung, etc.) im Gebäude und andererseits nach einer sinnvollen Reihenfolge von Sanierungsmaßnahmen zu dessen energetischer Optimierung und den Vorstellungen des Eigentümers. Für Elemente der Anlagentechnik wird eine Lebenserwartung von 20 Jahre angenommen.

## 2. Energetische Sanierungskonzepte

In Kapitel 2 werden fünf Sanierungsvarianten aufgezeigt, die zu einer energetischen Verbesserung des Gebäudes führen. Zu den Sanierungsmaßnahmen werden die jeweils ermittelten Investitionskosten angegeben. Ist für die vorgeschlagene Maßnahme eine Inanspruchnahme öffentlicher Fördermittel möglich, wird deren Höhe genannt.

### 2.1 Variante 1: LED-Leuchten

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Die Umrüstung der vorhandenen alten Leuchtstoffröhren auf LED.

#### 2.1.1 Einsparung

Der derzeitige Endenergiebedarf von 208736 kWh/Jahr reduziert sich auf 208632 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 103 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2188 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 156 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

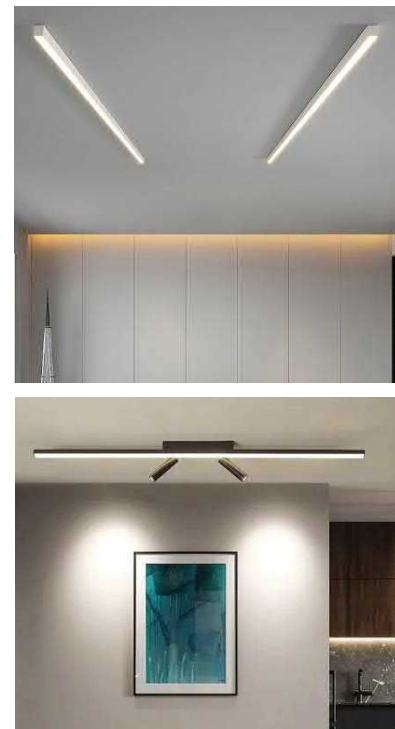


Abbildung 28 LED-Leuchten

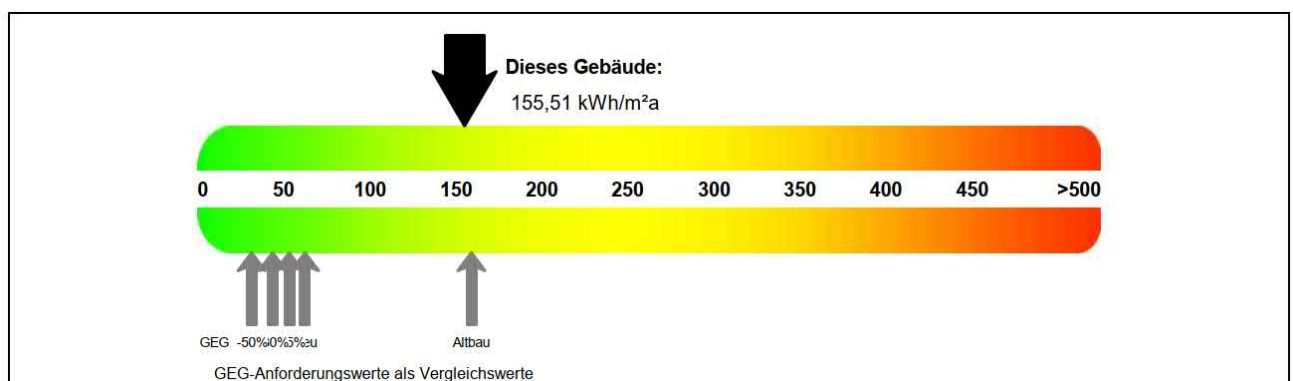


Abbildung 29 Gesamtbewertung (Variante 1)

### Brennstoff-Bedarf







Erdgas E	16.883 m³		+3 %
	17.418 m³		+536 m³
Strom (Hilfsenergie)	13.467 kWh		-47 %
	7.168 kWh		-6.299 kWh
<b>Energiekosten</b> (inkl. Betriebskosten)	36.004 €		-3 %
	34.853 €		-1.150 €

Abbildung 30 Brennstoff-Bedarf (Variante 1)

### Emission







<b>CO2-Emissionen</b>	49.762 kg		-4 %
	47.574 kg		-2.188 kg
SO2-Emissionen	42,58 kg		-14 %
	36,46 kg		-6,12 kg
NOx-Emissionen	43,03 kg		-6 %
	40,48 kg		-2,56 kg

Abbildung 31 Emissionen (Variante 1)

### Energiebilanz für das Gebäude:

	in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie		149184	145386	0	0	3799	0
		109,15	106,37	0	0	2,78	0
Endenergie		208632	202552	0	0	6080	0
		152,64	148,20	0	0	4,45	0
Primärenergie		212552	201607	0	0	10944	0
		155,51	147,50	0	0	8,01	0

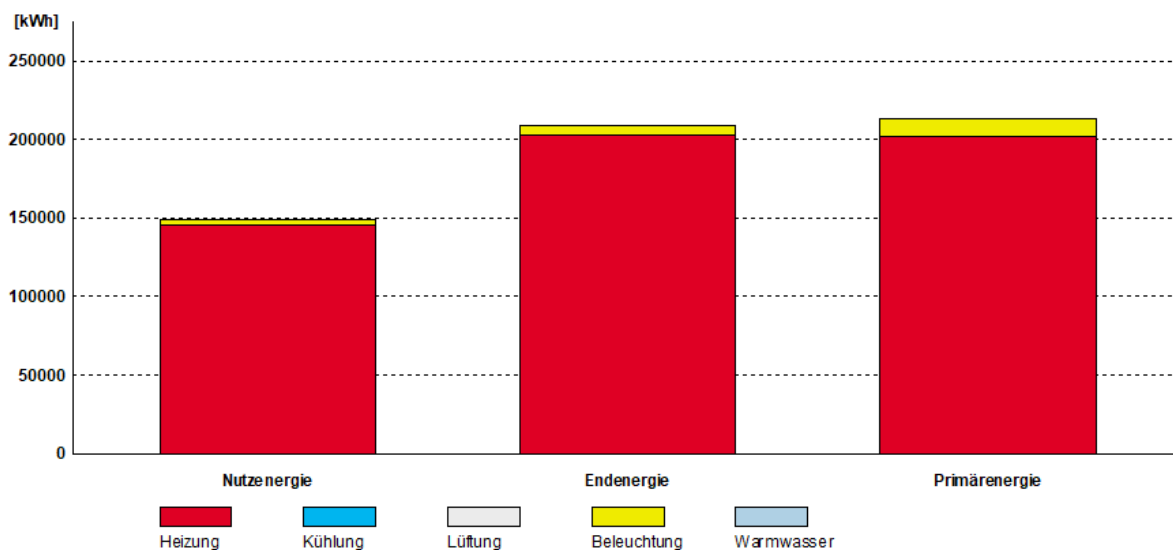


Abbildung 32 Energiebilanz (Variante 1)

### 2.1.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Zu beantragen sind Fördermittel für folgende Effizienzmaßnahmen:

- Beleuchtungsumrüstung <sup>1</sup>
- ggf. gewünschte Baubegleitung <sup>2</sup>

<sup>1</sup> BAFA: Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM). Zuschuss um bis zu 20% des Investitionsvolumens

<sup>2</sup> KfW: 50% der Baubegleitung

### 2.1.3 Schätz-Investition €:

• Ca. 52 Lampen 36 W – 200 €/Stck	10.400,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	<u>2.600,-</u>
Summe netto € ca.:	<b>13.000,-</b>
<b><i>Mögliche Fördersumme (20 %)</i></b>	<b><i>2.080,-</i></b>
<b><i>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</i></b>	<b>10.920,-</b>
<b><i>inkl. MwSt. € ca.:</i></b>	<b><i>12.994,-</i></b>

## 2.2 Variante 2: Luftwasser-Wärmepumpe + Bestand Gaskessel

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Luftwasser-Wärmepumpe + Gaskessel



*Abbildung 33 Beispiel einer Hybridanlage*

Die Hybridheizung kombiniert fossile Brennstoffe mit erneuerbaren Energiequellen, was zu einer erhöhten Zuverlässigkeit führt und gleichzeitig umweltfreundlicher ist als herkömmliche Gasheizungen.

### 2.2.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 28 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 208736 kWh/Jahr reduziert sich auf 149667 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 59069 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 5095 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 130 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette

für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt

sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

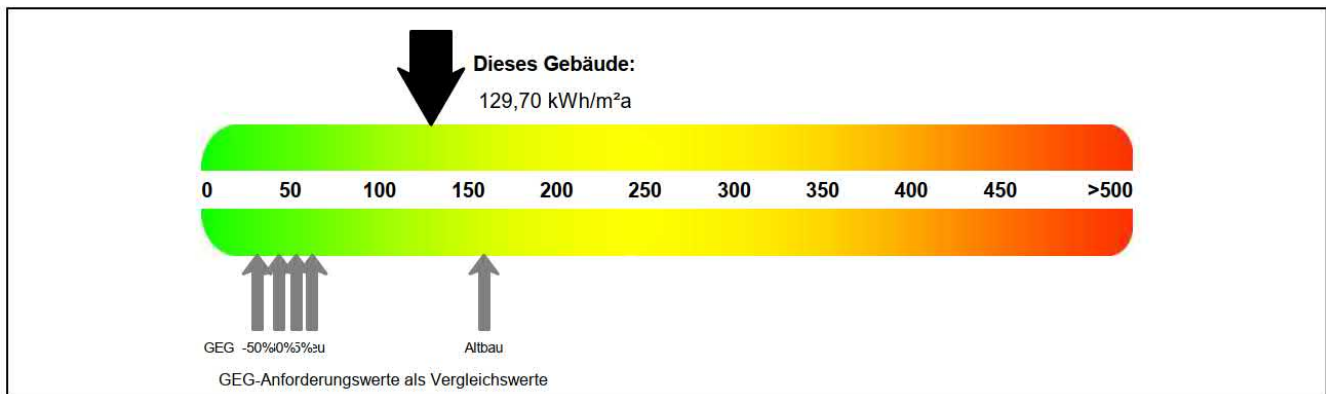


Abbildung 34 Gesamtbewertung (Variante 2)

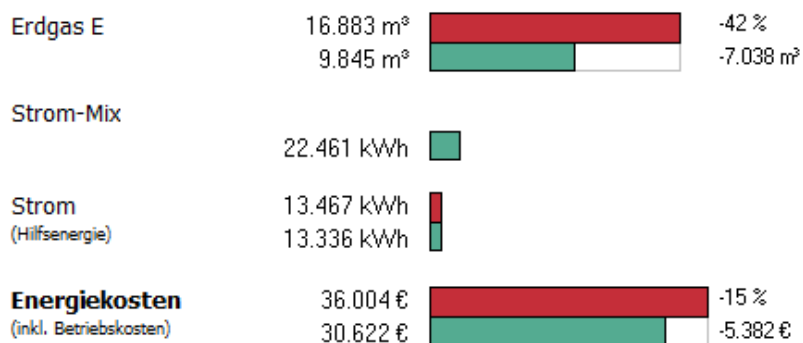
**Brennstoff-Bedarf**

Abbildung 35 Brennstoff-Bedarf (Variante 2)

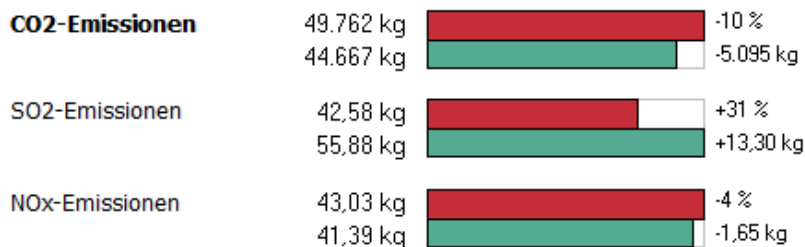
**Emission**

Abbildung 36 Emissionen (Variante 2)

**Energiebilanz für das Gebäude:**

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	149967	142215	0	0	7753	0
	109,72	104,05	0	0	5,67	0
Endenergie	149667	137259	0	0	12408	0
	109,50	100,42	0	0	9,08	0
Primärenergie	177279	154944	0	0	22335	0
	129,70	113,36	0	0	16,34	0

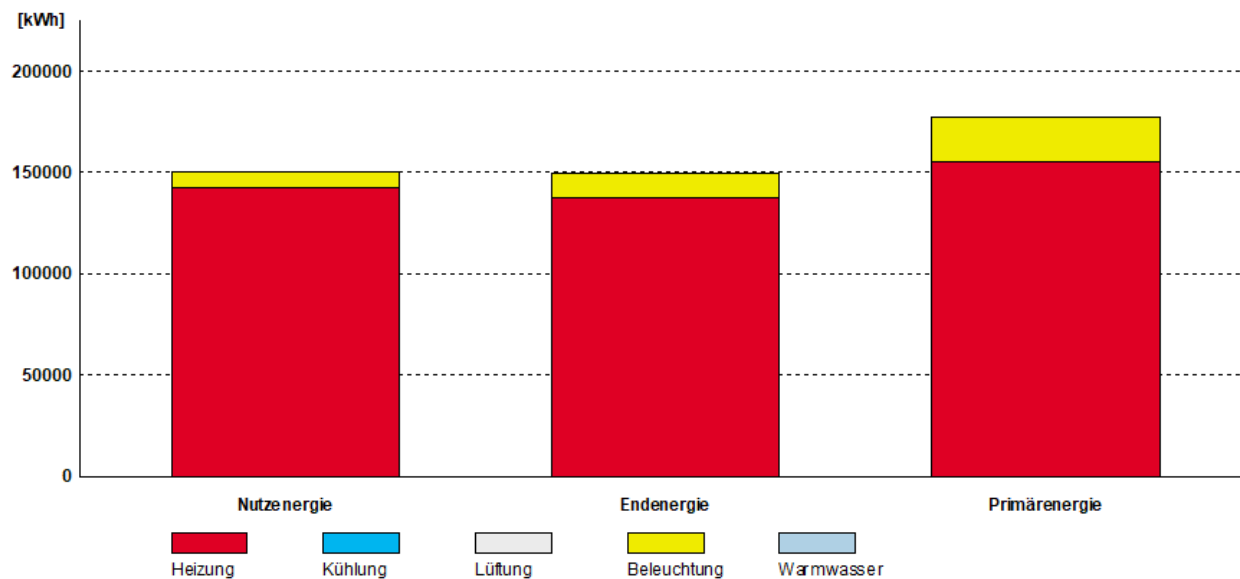


Abbildung 37 Energiebilanz (Variante 3)

## 2.2.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Zu beantragen sind Fördermittel für folgende Effizienzmaßnahmen:

- Wärmepumpen <sup>1</sup>
- ggf. gewünschte Baubegleitung <sup>2</sup>

<sup>1</sup> BAFA: Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM). Zuschuss um bis zu 30% des Investitionsvolumens

<sup>2</sup> KfW: 50% der Baubegleitung



## 2.2.3 Schätz-Investition €:

• Luft-Wasser-Wärmepumpe ca. 12 kW (Anteil Leistung für C)	12.000,-
• Magnetit Schlammfang 400 l	6.500,-
• MSR Umbau	2.000,-
• Installation und Zubehör	10.000,-
Baunebenkosten lng. netto €:	<u>7.625,-</u>
Summe netto € ca.:	<b>38.125,-</b>
<b><u>Mögliche Fördersumme (30 %)</u></b>	<b><u>9.150,-</u></b>
<b><u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u></b>	<b><u>28.975,-</u></b>
<b><u>inkl. MwSt. € ca.:</u></b>	<b><u>34.480,-</u></b>

### 2.3 Variante 3: Sole-Wasser Wärmepumpe + Gaskessel

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Sole-Wasser Wärmepumpe + Gaskessel.

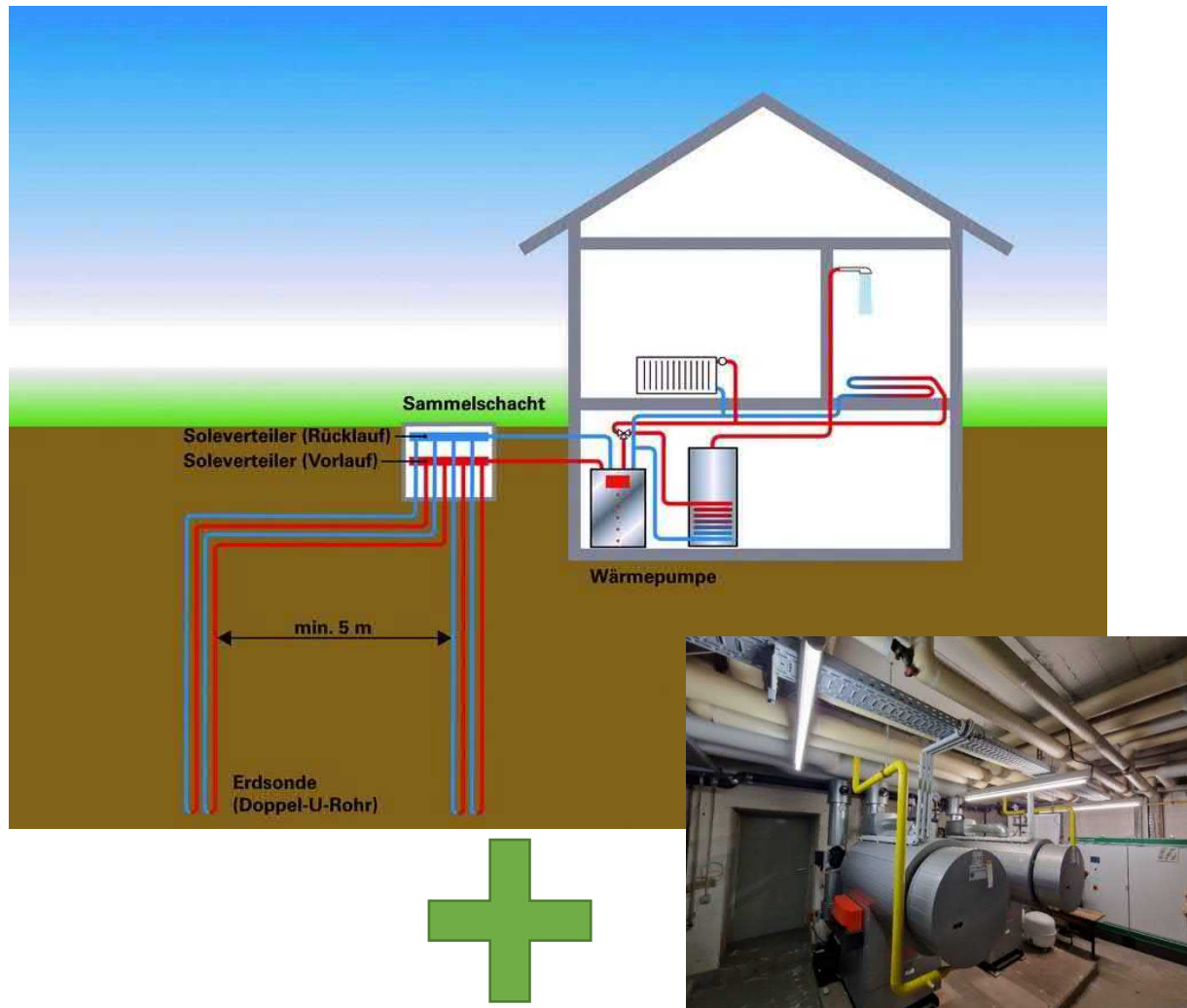


Abbildung 38 Sole-Wasser-Wärmepumpe + Gasheizung

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe ist eine Heiztechnologie, die auf dem Prinzip der Nutzung von Erdwärme basiert. Das Konzept besteht darin, Wärme aus dem Erdreich zu entziehen, um Gebäude zu heizen. Hierbei wird ein geschlossenes System von Erdsonden oder Erdkollektoren verwendet, das eine Flüssigkeit, in der Regel eine Sole, durch Rohre im Erdreich zirkulieren lässt. Die Sole nimmt dabei die Erdwärme auf.

Der eigentliche Wärmepumpenprozess beginnt, wenn die Wärme aus der Sole mittels eines Wärmetauschers an die in der Wärmepumpe enthaltene Flüssigkeit (oft ein Kältemittel)

übertragen wird. Durch den Kompressionsprozess wird die Temperatur des übertragenen Mediums erhöht, sodass es für die Raumheizung genutzt werden kann.

Das Besondere an der Sole-Wasser-Wärmepumpe ist ihre Effizienz, da die Erdwärme als erneuerbare Energiequelle genutzt wird. Dies macht sie zu einer umweltfreundlichen Alternative zu herkömmlichen Heizsystemen. Zudem eignet sich die Technologie gut für den Einsatz in verschiedenen Klimazonen und bietet eine nachhaltige Möglichkeit, Gebäude zu beheizen.

### 2.3.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 35 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 208736 kWh/Jahr reduziert sich auf 135384 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 73352 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 9340 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 117 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette

für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt

sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

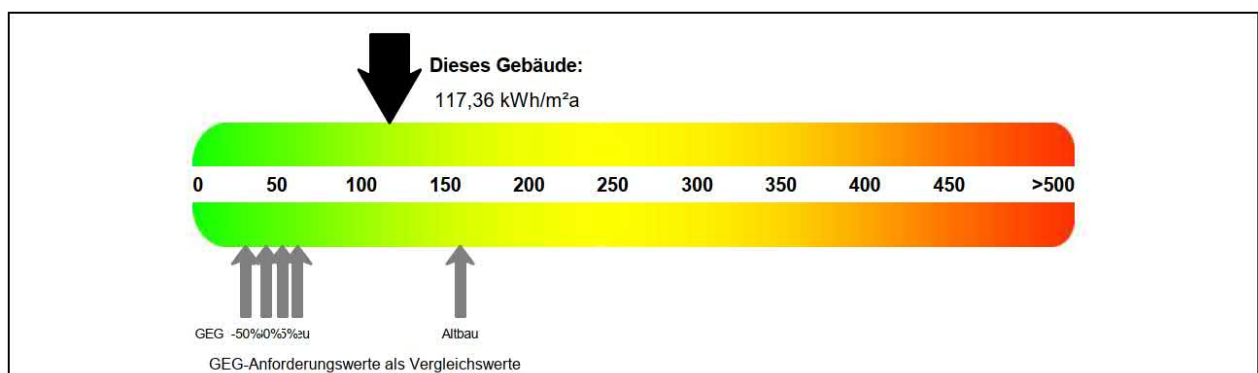


Abbildung 39 Gesamtbewertung (Variante 3)

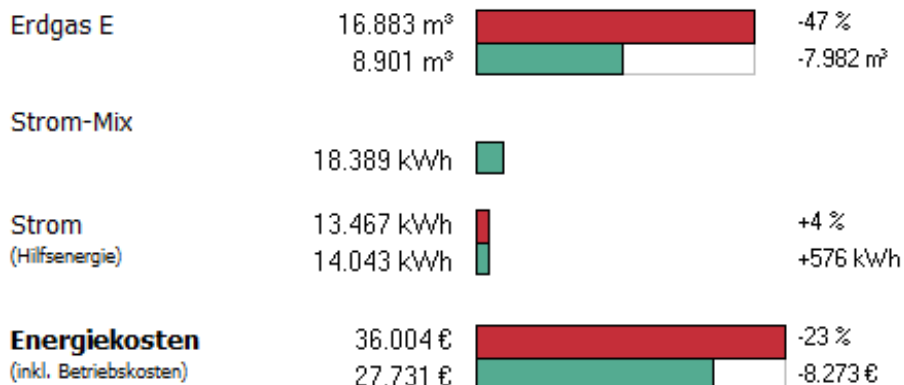
**Brennstoff-Bedarf**

Abbildung 40 Brennstoff-Bedarf (Variante 3)

Erdgas: 16 Cent/kWh (brutto)

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)

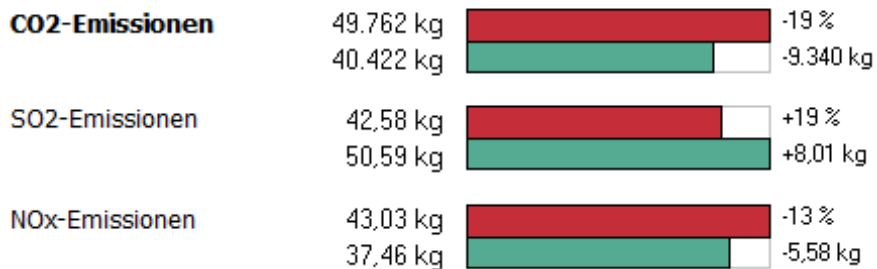
**Emission**

Abbildung 41 Emissionen (Variante 3)

**Energiebilanz für das Gebäude:**

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	149967	142215	0	0	7753	0
	109,72	104,05	0	0	5,67	0
Endenergie	135384	122976	0	0	12408	0
	99,05	89,97	0	0	9,08	0
Primärenergie	160402	138067	0	0	22335	0
	117,36	101,02	0	0	16,34	0

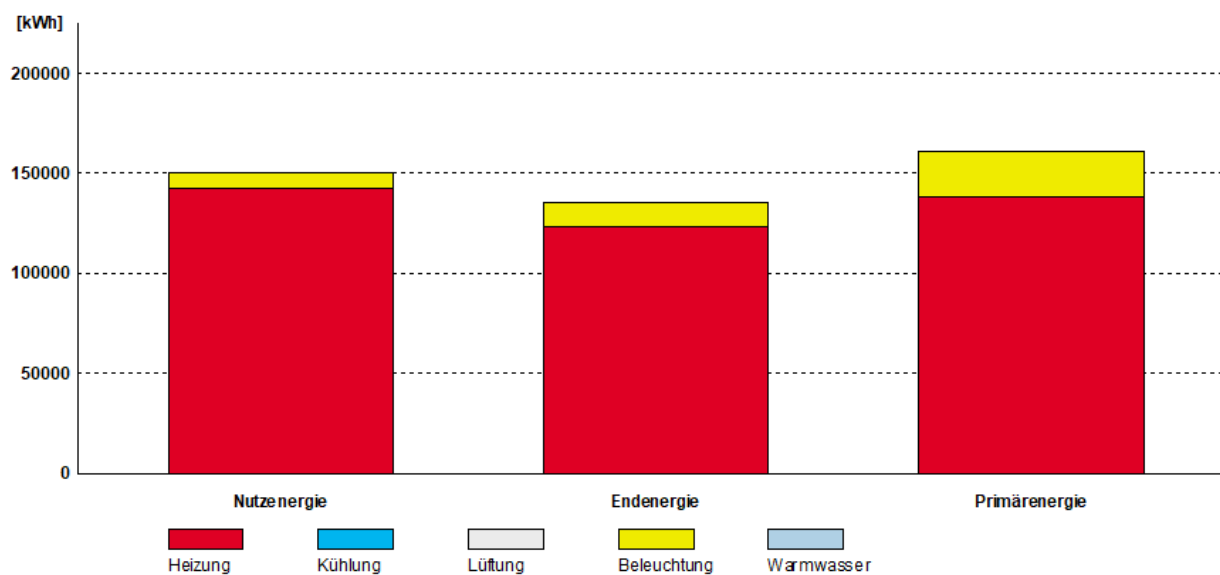


Abbildung 42 Energiebilanz (Variante 3)

## 2.3.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Zu beantragen sind Fördermittel für folgende Effizienzmaßnahmen:

- Wärmepumpen <sup>1</sup>
- ggf. gewünschte Baubegleitung <sup>2</sup>

<sup>1</sup> BAFA: Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM). Zuschuss um bis zu 30% des Investitionsvolumens

<sup>2</sup> KfW: 50% der Baubegleitung

## 2.3.3 Schätz-Investition €:

• Sole-Wasser-Wärmepumpe 12 kW (Anteil Leistung für C)	14.000,-
• Bohrungen ca. 3 Stück inkl. Verrohrung	24.000,-
• Installation und Zubehör	10.000,-
• Magnetit Schlammfang 400 l	6.500,-
• MSR Umbau	2.000,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	<u>14.125,-</u>
Summe netto € ca.:	<b>70.625,-</b>
<b><u>Mögliche Fördersumme (30 %)</u></b>	<b><u>16.950,-</u></b>
<b><u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u></b>	<b><u>53.675,-</u></b>
<b><u>inkl. MwSt. € ca.:</u></b>	<b><u>63.873,-</u></b>

## 2.4 Variante 4: PV-Anlage

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Installation einer Photovoltaikanlage.

Mit einer PV-Anlage können dauerhaft eine Menge Kosten gespart werden. Die Strompreise steigen jedes Jahr und werden es wahrscheinlich auch weiterhin.



Abbildung 43 Strompreisentwicklung 2015-2022

Rechnet man die Anschaffungskosten auf einen Zeitraum von 20 bis 25 Jahren, lässt sich mit einer PV-Anlage eigener Strom für rund **11 Cent pro kWh** erzeugen. Der Strom aus dem Netz dagegen kostet aktuell knapp 34 Cent. Man spart also rund **23 Cent** an Stromkosten pro kWh. Bei einem Jahresverbrauch von 4.000 kWh sind das jährlich satte **920 €**.



Die folgende Abbildung zeigt den selbstnutzbaren PV-Ertrag für erneuerbare Energien nach GEG / BEG – monatsweise Verrechnung.

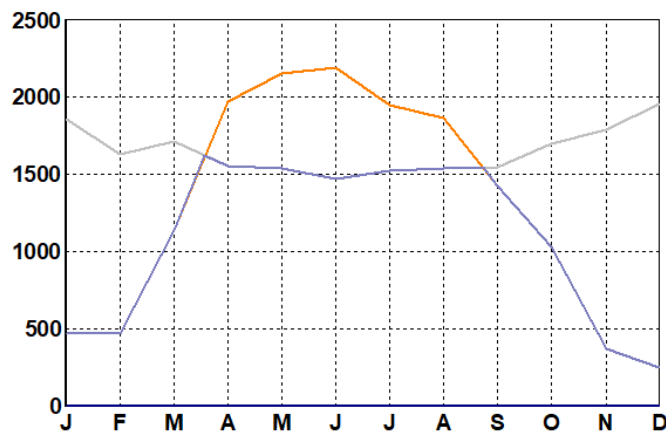


Abbildung 44 PV-Ertrag

### Selbst nutzbarer PV-Ertrag

für erneuerbare Energien nach GEG / BEG - monatsweise Verrechnung

	Energiebilanz Q <sub>p</sub> / GEG EE		BEG EE	
	PV-Ertrag	el. Bedarf nutzbar	el. Bedarf nutzbar	
Jan	469	1521	469	0 kWh
Feb	466	1329	466	0 kWh
Mar	1134	1393	1134	0 kWh
Apr	1969	1260	1260	0 kWh
Mai	2156	1246	1246	0 kWh
Jun	2186	1186	1186	0 kWh
Jul	1950	1226	1226	0 kWh
Aug	1866	1243	1243	0 kWh
Sep	1424	1250	1250	0 kWh
Okt	1031	1378	1031	0 kWh
Nov	372	1459	372	0 kWh
Dez	244	1598	244	0 kWh
Q <sub>f</sub>	15266	16089	11127	0 kWh
Primärenergie Q <sub>p</sub>				20029 kWh = Q <sub>f</sub> x 1,8
CO <sub>2</sub>				6231 kg = Q <sub>f</sub> x 0,560 kg/kWh

Erneuerbare Energie GEG	Q <sub>f,PV</sub>	11.127 kWh
Erneuerbare Energie BEG	Q <sub>f,PV</sub>	0 kWh
Abzugswert für Q <sub>p</sub>	Q <sub>p,PV</sub>	17.662 kWh
	CO <sub>2,PV</sub>	5.495 kg

Ausrichtung	<input type="text" value="Süd"/>
Neigung	<input type="text" value="30"/> °
Gesamtfläche	A <input type="text" value="109,89"/> m <sup>2</sup>
Peakleistung	P <sub>pk</sub> <input type="text" value="20,00"/> kW



Abbildung 45 Beispiel PV-Anlage



Abbildung 46 Beispiel PV-Anlage

### 2.4.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 5 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 208736 kWh/Jahr reduziert sich auf 198964 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 9772 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 5486 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 146 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

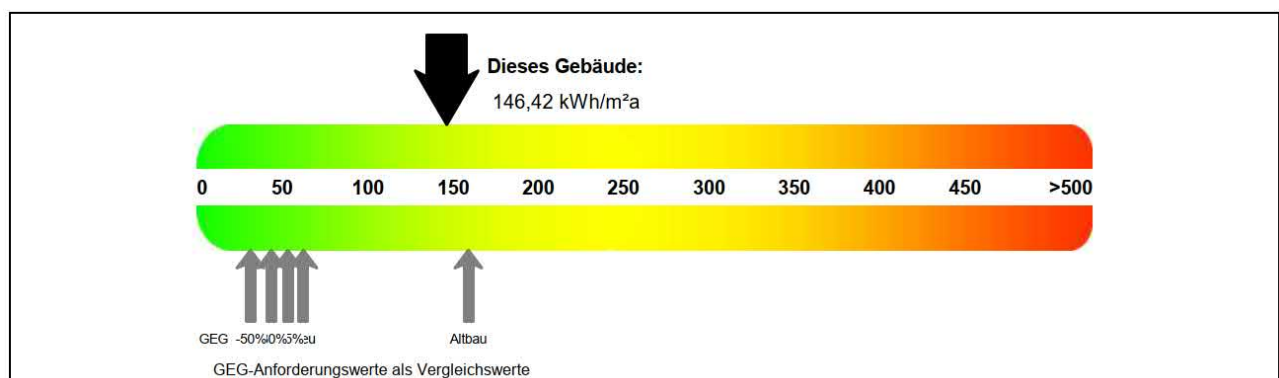


Abbildung 47 Gesamtbewertung (Variante 4)

### Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	16.883 m³	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: red;"></div>	
	16.886 m³		
Strom (Hilfsenergie)	13.467 kWh	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: red;"></div>	-73 %
	3.654 kWh		
<b>Energiekosten</b> (inkl. Betriebskosten)	36.004 €	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: red;"></div>	-9 %
	32.674 €		

Abbildung 48 Brennstoff-Bedarf (Variante 4)

Erdgas: 16 Cent/kWh (brutto)

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)

### Emission

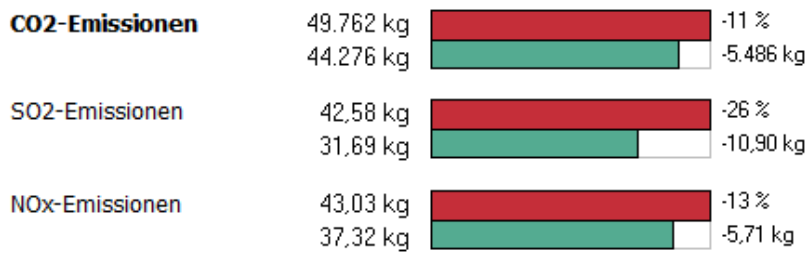


Abbildung 49 Emissionen (Variante 4)

### Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser	PV *
Nutzenergie	148783	141030	0	0	7753	0	0
	108,86	103,18	0	0	5,67	0	0
Endenergie	198964	195815	0	0	3149	0	(-9812)
	145,57	143,27	0	0	2,30	0	(-7,18)
Primärenergie	200128	194460	0	0	5668	0	(-17662)
	146,42	142,28	0	0	4,15	0	(-12,92)

\* PV bereits in Endenergie / Primärenergie verrechnet

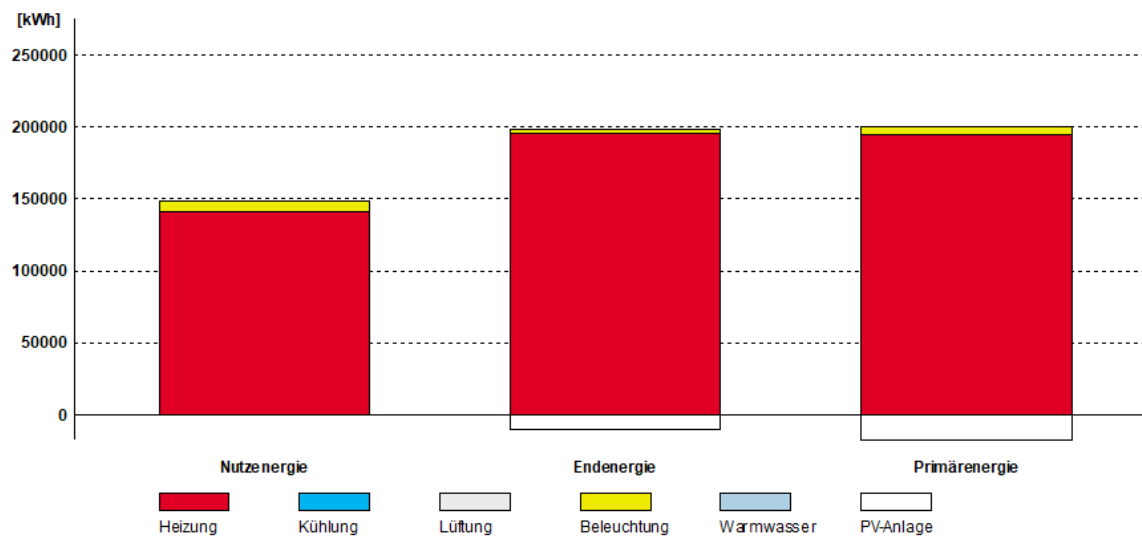


Abbildung 50 Energiebilanz (Variante 4)

#### 2.4.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Diese Effizienzmaßnahme ist nicht förderfähig.

#### 2.4.3 Schätz-Investition €:

• PV Anlage ca. 20 kWp	40.000,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	10.000,-
Summe netto € ca.:	50.000,-
<b>inkl. MwSt. € ca.:</b>	<b>59.500,-</b>

### 3. Erzielbare Einsparungen durch die energetische Sanierung

Die Einsparungen, die durch die energetische Sanierung erreicht werden, sind von großer Bedeutung für die hieraus abgeleitete Empfehlung zur Umsetzung. Im Folgenden werden daher die Einsparungen verschiedener Bezugsgrößen dargestellt.

#### 3.1 Endenergiebedarf

Die folgende Abbildung zeigt die Reduktion des Endenergiebedarfs in Abhängigkeit der jeweiligen Sanierungsvarianten auf.

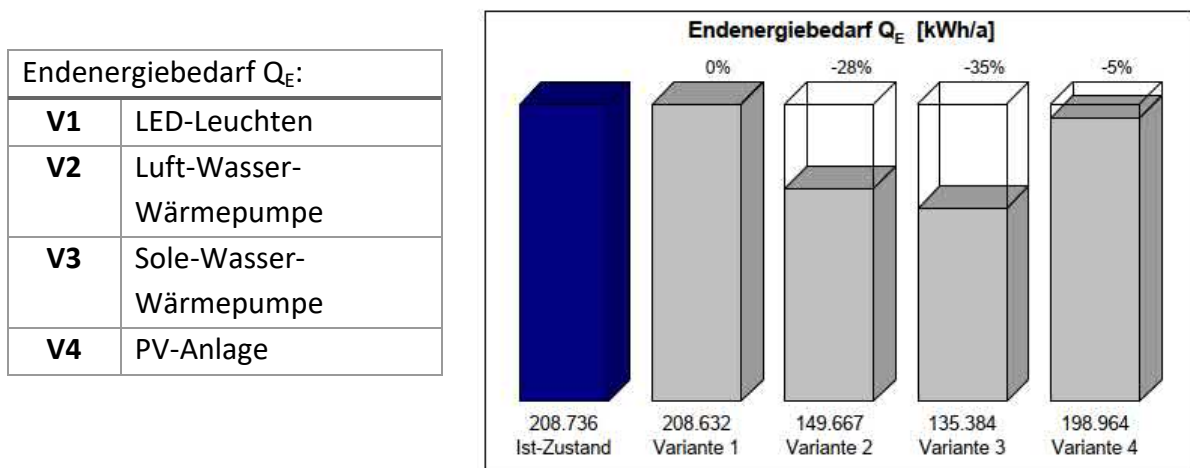


Abbildung 51 Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf

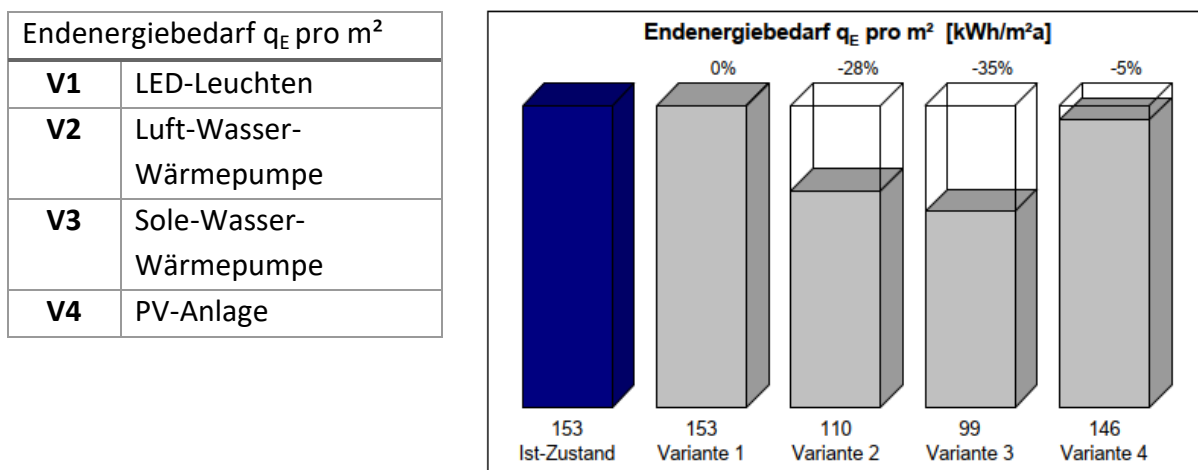


Abbildung 52 Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf pro  $m^2$

### 3.2 Primärenergiebedarf

Für die ökologische Bewertung spielt der Primärenergiebedarf eine wichtige Rolle. Die hier erzielbaren Einsparungen werden in Abbildung 60 dargestellt.

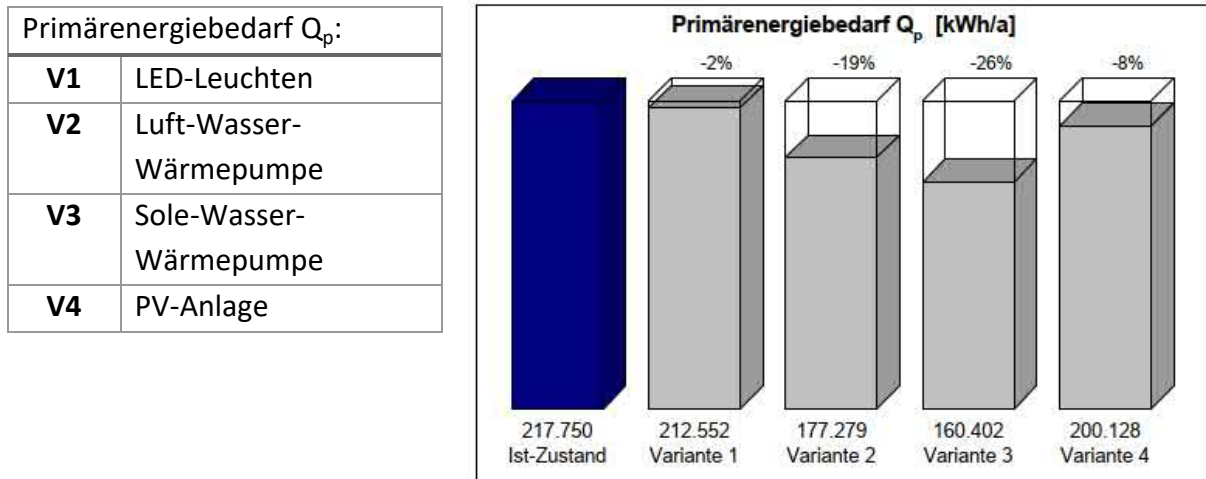


Abbildung 53 Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf

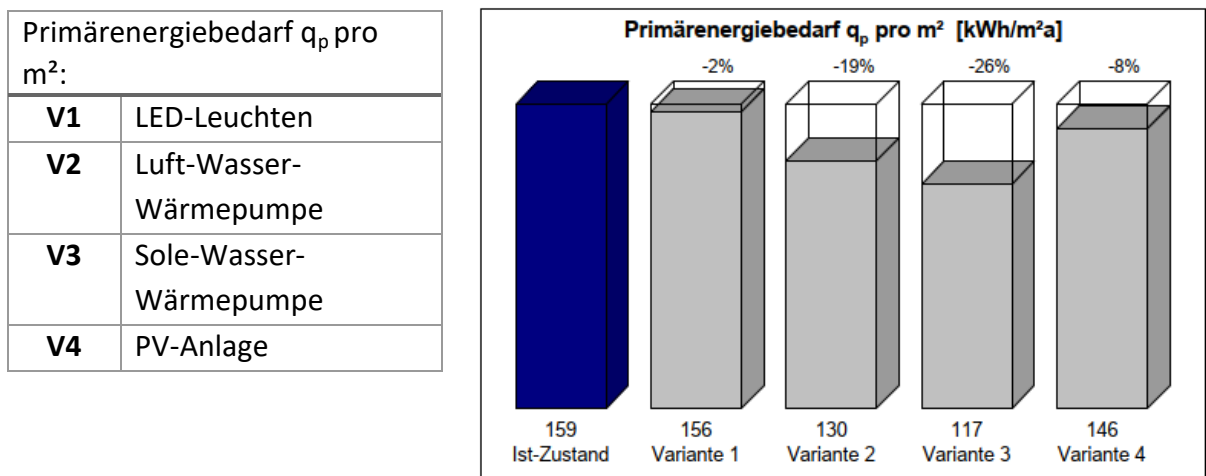


Abbildung 54 Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf pro  $m^2$



### 3.3 Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf $Q_b$ :	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	Luft-Wasser-Wärmepumpe
<b>V3</b>	Sole-Wasser-Wärmepumpe
<b>V4</b>	PV-Anlage

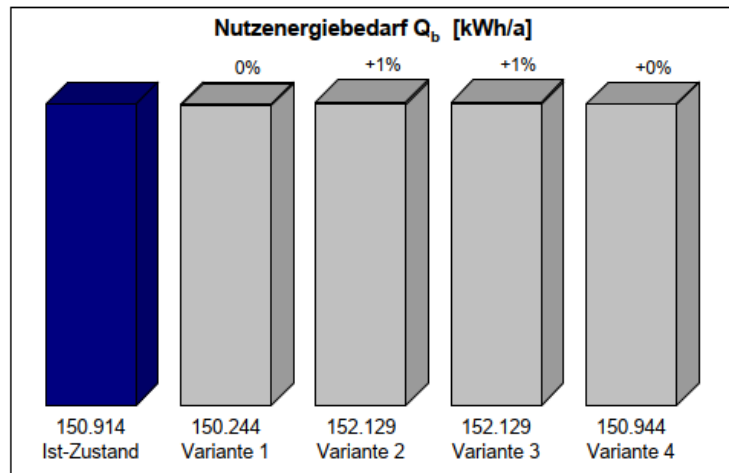


Abbildung 55 Erzielbare Einsparungen im Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf $q_b$ pro $m^2$ :	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	Luft-Wasser-Wärmepumpe
<b>V3</b>	Sole-Wasser-Wärmepumpe
<b>V4</b>	PV-Anlage

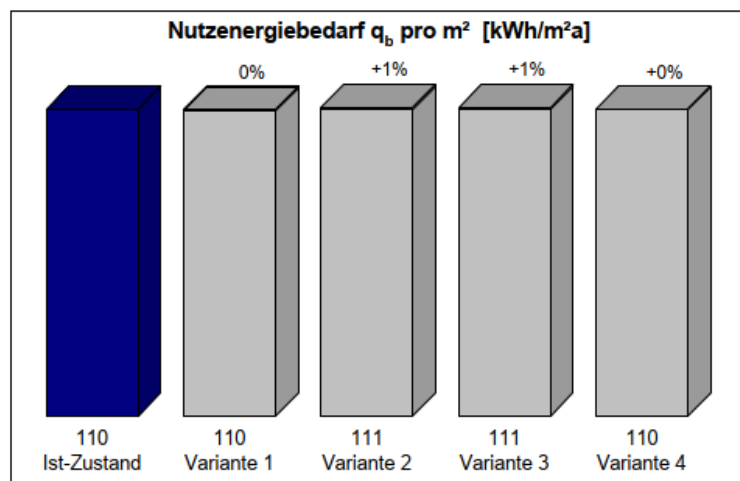


Abbildung 56 Erzielbare Einsparungen im Nutzenergiebedarf pro  $m^2$

### 3.4 Schadstoff-Emissionen

Eine weitere, außerordentlich wichtige ökologische Leitgröße ist die Höhe der Kohlenstoffdioxid-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Emissionen), Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>-Emissionen) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>-Emissionen). Die folgenden Abbildungen zeigen die Senkung der Schadstoff-Emissionen durch die energetische Sanierung.

CO <sub>2</sub> -Emissionen	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	Luft-Wasser-Wärmepumpe
<b>V3</b>	Sole-Wasser-Wärmepumpe
<b>V4</b>	PV-Anlage

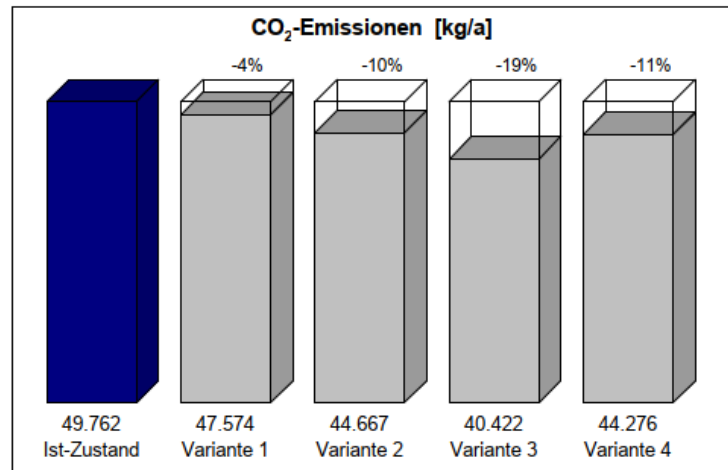


Abbildung 57 Erzielbare Einsparungen in Kohlenstoffdioxid-Emissionen

CO <sub>2</sub> -Emissionen pro m <sup>2</sup>	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	Luft-Wasser-Wärmepumpe
<b>V3</b>	Sole-Wasser-Wärmepumpe
<b>V4</b>	PV-Anlage

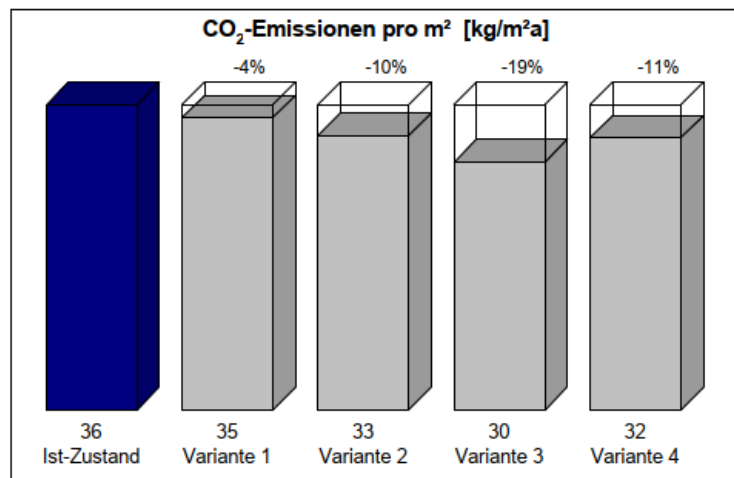


Abbildung 58 Erzielbare Einsparungen in Kohlenstoffdioxid-Emissionen pro m<sup>2</sup>

NO <sub>x</sub> -Emissionen	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	Luft-Wasser-Wärmepumpe
<b>V3</b>	Sole-Wasser-Wärmepumpe
<b>V4</b>	PV-Anlage

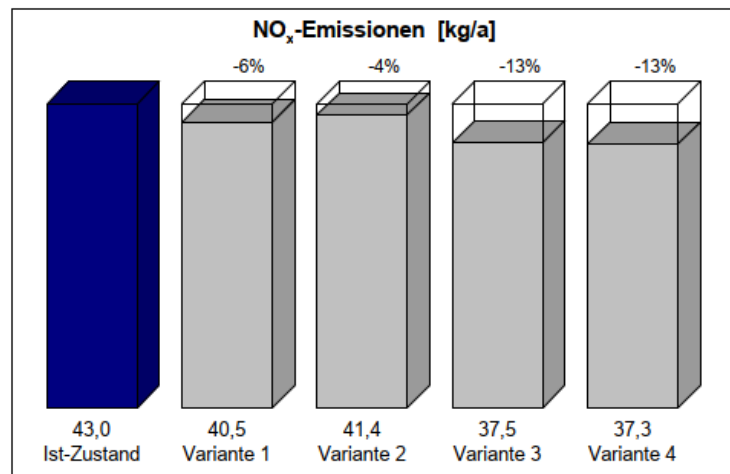


Abbildung 59 Erzielbare Einsparungen in Stickstoffdioxid -Emissionen

SO <sub>2</sub> -Emissionen	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	Luft-Wasser-Wärmepumpe
<b>V3</b>	Sole-Wasser-Wärmepumpe
<b>V4</b>	PV-Anlage

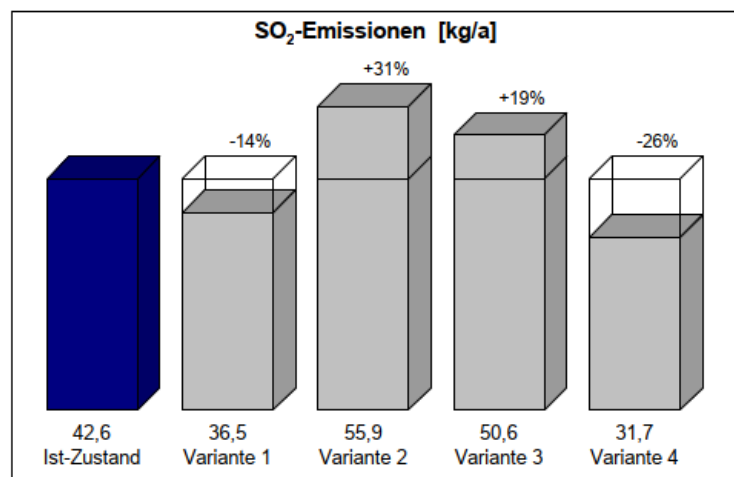


Abbildung 60 Erzielbare Einsparungen in Schwefeldioxid -Emissionen

### 3.5 Anlagentechnische Verluste

Die folgende Abbildung zeigt die Reduktion der Anlagentechnischen-Verlusten in Abhängigkeit der jeweiligen Sanierungsvarianten.

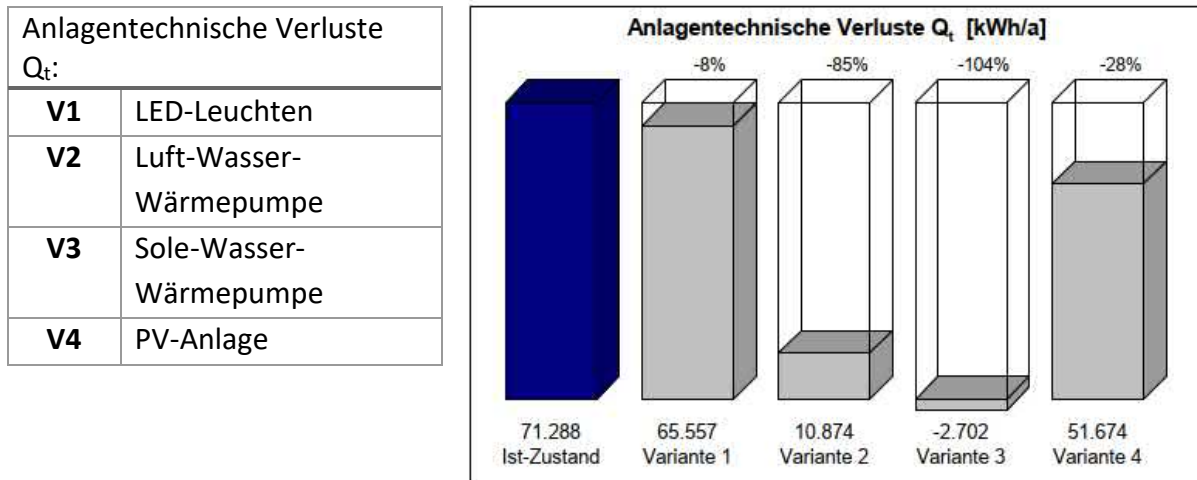


Abbildung 61 Erzielbare Einsparungen in den Anlagentechnischen Verlusten

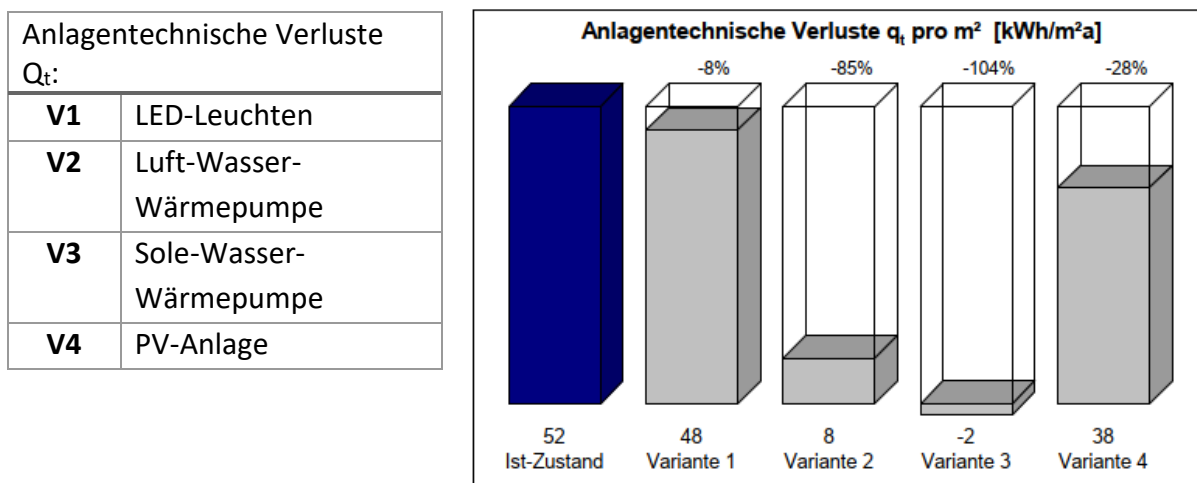


Abbildung 62 Erzielbare Einsparungen in den Anlagentechnischen Verlusten pro  $m^2$

### 3.6 Brennstoffkosten

Im Zuge der Sanierung sinken auch die Kosten, die durch den Bezug von Energie in Form von Erdgas und Strom anfallen

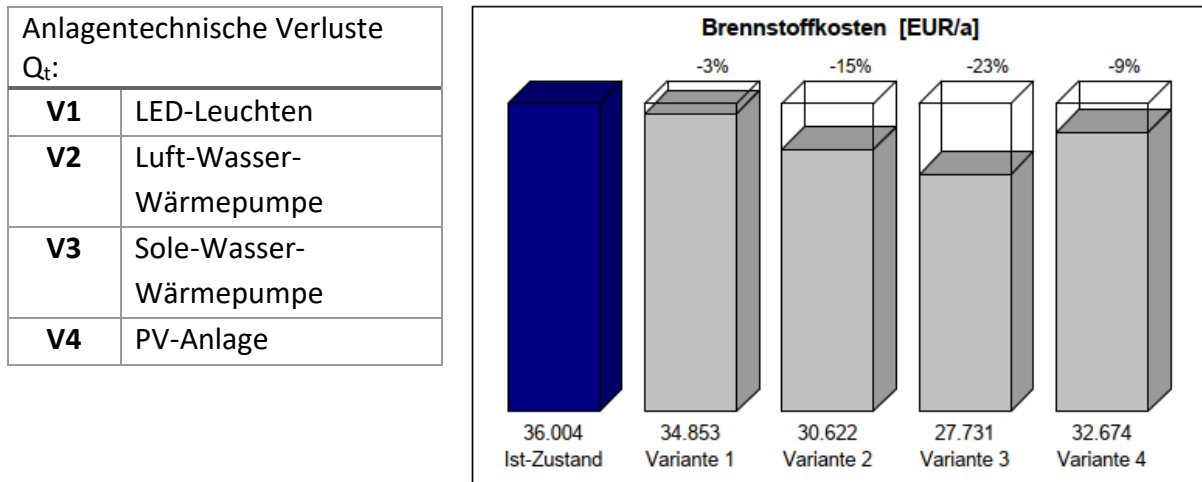


Abbildung 63 Brennstoffkosten

#### Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert H <sub>i</sub> kWh/Einheit	Brennwert H <sub>s</sub> kWh/Einheit	Verhältnis H <sub>s</sub> /H <sub>i</sub> *
Erdgas E	m³	10,42	11,57	1,11
Strom	kWh	1,00		

\* Bitte beachten: In der GEG-Berechnung für den Wohnungsbau nach DIN 4108-6 / DIN 4701-10 sind die Endenergiewerte auf den Heizwert bezogen - in der Berechnung nach DIN 18599 hingegen auf den Brennwert. Standardwerte für das Verhältnis H<sub>s</sub>/H<sub>i</sub> aus DIN 18599-1 Anhang B.

	Einheit	Arbeitspreis Cent/Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Grundpreis Euro/Jahr
Erdgas E	m³	185,1	17,76	182
Strom	kWh	34,0	34,00	50

	Primär- energie- faktor	CO <sub>2</sub> - Emissionen g/kWh	SO <sub>2</sub> - Emissionen g/kWh	NO <sub>x</sub> - Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,10	240	0,157	0,200
Strom	1,80	560	1,111	0,583

## 3.7 Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen 1-5

Tabelle 7 Wirtschaftlichkeit

	<u>Variante 1:</u> LED-Lampen	<u>Variante 2:</u> Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel	<u>Variante 3:</u> Sole-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel	<u>Variante 4:</u> PV-Anlage
<b>Investkosten (brutto)</b> abzgl. Förderung BEG EM	<b>12.994,-</b>	<b>34.480,-</b>	<b>63.873,-</b>	<b>59.500,-</b>
<b>Energiekosten:</b>				
1 Jahr (brutto)	34.853,-	30.622,-	27.731,-	32.674,-
15 Jahre (brutto)	<b>522.795,-</b>	<b>459.330,-</b>	<b>415.965,-</b>	<b>490.110,-</b>
<b>Wartungskosten</b>				
1 Jahr (brutto)	0,-	800,-	1.000,-	1.100,-
15 Jahre (brutto)	<b>0,-</b>	<b>12.000,-</b>	<b>15.000,-</b>	<b>16.500,-</b>
Summe Kosten (brutto) 15 Jahre (brutto)	34.853,- <b>522.795,-</b>	31.422,- <b>471.330,-</b>	28.731,- <b>430.965,-</b>	33.774,- <b>506.610,-</b>
<b>Gesamtkosten (brutto)</b> inkl. Investkosten abzgl. Förderung 15 Jahre	<b>535.789,-</b>	<b>505.810,-</b>	<b>494.838,-</b>	<b>566.110,-</b>
<b>Amortisation (Jahre)</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>27</b>

Energieverbrauch: Berechnung nach DIN 18599-2011

Energiekosten: Gas 16 Cent/kWh; Strom 34 Cent/kWh

Standzeit der Bauteile im Mittel 15 Jahre, Kosten Brutto



## 4. Erläuterungen zur Wirtschaftlichkeit

Die im Sanierungsfahrplan vorkommenden Abbildungen und Tabellen, die Aussagen über die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen treffen, unterliegen Annahmen, die im Folgenden erläutert werden.

### WARTUNGSKOSTEN

Neben den Energiekosten beeinflussen die Wartungskosten die laufenden Kosten im Betrieb des Gebäudes. Für die Sanierungsvariante 2 werden folgende Wartungskosten angenommen: - Luft-Wasser-Wärmepumpe und Gaskessel: 800 Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 34.480 Euro brutto). Wartungskosten in Höhe von 2,3 Prozent pro Jahr der Investitionskosten.

Für die Sanierungsvariante 3 werden folgende Wartungskosten angenommen: - Sole-Wasser-Wärmepumpe und Gaskessel: 1.000, Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 63.873 Euro brutto). Wartungskosten in Höhe von 1,6 Prozent pro Jahr der Investitionskosten.

Für die Sanierungsvariante 4 werden folgende Wartungskosten angenommen: Photovoltaik-Anlage (ca. 20 kWp): 1.100 Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 59.500 Euro. Wartungskosten in Höhe von 1,85 Prozent pro Jahr der Investitionskosten.

### INVESTITIONSKOSTEN

Als Grundlage für den Wirtschaftlichkeitsvergleich werden bei der Berechnung der Gesamtkosten jeweils ausschließlich die energetisch bedingten Mehrkosten zugrunde gelegt. Die Sowieso-Kosten werden demnach nicht berücksichtigt. Die Investitionskosten wurden einschließlich eines Aufschlags für die Baunebenkosten in Höhe von 15 Prozent der Netto-Investitionskosten ermittelt und dargestellt.

### ÖFFENTLICHE FÖRDERMITTEL

Berücksichtigt wurden hierbei nur direkte Zuschüsse. Der Vorteil, der durch die Inanspruchnahme eines gegebenenfalls zinsgünstigeren Kredits (im Vergleich zu einem marktüblichen Zinssatz) entsteht, wurde nicht berücksichtigt. Um eine Förderung von Sanierungsmaßnahmen in den KfW-Förderprogrammen (Sanierung mit Einzelmaßnahmen) Anspruch zu nehmen, ist die Einbindung eines für die Bundes-Förderprogramme zugelassenen Sachverständigen eine notwendige Voraussetzung.

## 5. Fazit

Es wurden vier Varianten berechnet. Bei den Varianten handelt es sich um Maßnahmen, die die Energieverbräuche reduzieren, indem die Effizienz der Anlagen erhöht wird.

Zur der Effizienzsteigerung der Anlagen gehört unbedingt die Umrüstung der vorhandenen alten Leuchtstoffröhren auf LED-Technologien.

Durch die Integration einer Hybridanlage (bestehend aus einer Luft-Wasser-Wärmepumpe und dem vorhandenen Gaskessel oder einer Sole-Wasser-Wärmepumpe und dem vorhandenen Gaskessel) verringern sich die Brennstoffkosten in der Variante 2 um etwa 15% und in der Variante 3 um etwa 23%. Bei statischer Berechnung zeigt sich, dass die Investition für die Variante 2 voraussichtlich innerhalb von etwa 8 Jahren amortisiert sein wird, während die Maßnahmenvariante 3 in etwa 9 Jahren, ebenfalls statisch berechnet, die Amortisation erreichen sollte.