

# Energieberatungsbericht

für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599



Gebäude: Gesamtschule  
Bauteil D  
Wirtsmühler Str. 12  
42929 Wermelskirchen

Auftraggeber: 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.....	19
1.2.3 Modelberechnung nach DIN EN 18599 .....	22
1.2.4 Nutzungszonen .....	24
1.2.5 Energiebilanz .....	27
1.2.6 Bewertung des Gebäudes .....	30
1.2.7 Empfohlene Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudes .....	30
2. Energetische Sanierungskonzepte .....	31
2.1 Variante 1: LED-Leuchten .....	31
2.1.1 Einsparung .....	31
2.1.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen .....	33
2.1.3 Schätz-Investition €: .....	33
2.2 Variante 2: Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel.....	34
2.2.1 Einsparung .....	34
2.2.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen .....	36
2.2.3 Schätz-Investition €: .....	37
2.3 Variante 3: Sole-Wasser Wärmepumpe + Gaskessel .....	38
2.3.1 Einsparung .....	38
2.3.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen .....	40
2.3.3 Schätz-Investition €: .....	41
2.4 Variante 4: PV-Anlage .....	42
2.4.1 Einsparung .....	44
2.4.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen .....	46
2.4.3 Schätz-Investition €: .....	46
2.5 Variante 5: Hydraulischer Abgleich.....	47
2.5.1 Einsparung .....	47
2.5.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen .....	49
2.5.3 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
5. Fazit .....	60

## Abbildungsverzeichnis

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

ABBILDUNG 32 BEISPIEL EINER WÄRMEPUMPE + GASKESSEL .....	34
ABBILDUNG 33 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 2) .....	35
ABBILDUNG 34 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 2) .....	35
ABBILDUNG 35 EMISSIONEN (VARIANTE 2) .....	35
ABBILDUNG 36 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 2) .....	36
ABBILDUNG 37 SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE + GASKESSEL .....	38
ABBILDUNG 38 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 3) .....	39
ABBILDUNG 39 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 3) .....	39
ABBILDUNG 40 EMISSIONEN (VARIANTE 3 ) .....	39
ABBILDUNG 41 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 3) .....	40
ABBILDUNG 42 STROMPREISENTWICKLUNG 2015-2022.....	42
ABBILDUNG 43 PV-ERTRAG .....	43
ABBILDUNG 44 PV-ANLAGE.....	44
ABBILDUNG 45 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 4) .....	45
ABBILDUNG 46 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 5) .....	45
ABBILDUNG 47 EMISSIONEN (VARIANTE 5) .....	45
ABBILDUNG 48 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 5) .....	46
ABBILDUNG 49 HYDRAULISCHER ABGLEICH .....	47
ABBILDUNG 50 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 5) .....	48
ABBILDUNG 51 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 5) .....	48
ABBILDUNG 52 EMISSIONEN (VARIANTE 5) .....	48
ABBILDUNG 53 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 5) .....	49
ABBILDUNG 54 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM ENDENERGIEBEDARF .....	51
ABBILDUNG 55 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM ENDENERGIEBEDARF PRO M <sup>2</sup> .....	51
ABBILDUNG 56 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM PRIMÄRENERGIEBEDARF .....	52
ABBILDUNG 57 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM PRIMÄRENERGIEBEDARF PRO M <sup>2</sup> .....	52
ABBILDUNG 58 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM NUTZENERGIEBEDARF .....	53
ABBILDUNG 59 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM NUTZENERGIEBEDARF PRO M <sup>2</sup> .....	53
ABBILDUNG 60 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN.....	54
ABBILDUNG 61 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN PRO M <sup>2</sup> .....	54
ABBILDUNG 62 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN STICKSTOFFOXID -EMISSIONEN.....	55

ABBILDUNG 63 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN SCHWEFELDIOXID -EMISSIONEN .....	55
ABBILDUNG 64 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN DEN ANLAGENTECHNISCHEN VERLUSTEN ..	56
ABBILDUNG 65 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN DEN ANLAGENTECHNISCHEN VERLUSTEN PRO M <sup>2</sup> .....	56
ABBILDUNG 66 BRENNSTOFFKOSTEN .....	57

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 ALLGEMEINE ANGABEN ZUM GEBÄUDE .....	13
TABELLE 2 U-WERTE .....	17
TABELLE 3 ANLAGENTECHNIK .....	19
TABELLE 4 ZONEN NACH DIN V 18599 .....	24
TABELLE 5 ENERGIEVERBRAUCH 2020-2022.....	28
TABELLE 6 SANIERUNGSFAHRPLAN MAßNAHMEN .....	30
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
V5	Sanierungsvariante 3
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
WLG	Wärmeleitgruppe
LW WP	Luft-Wasser Wärmepumpe
SW WP	Sole-Wasser Wärmepumpe
Dena	Deutsche Energie-Agentur

### 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



- 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 Raumluftechnik- 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	Gesamtschule
Baujahr	1993 / 2000
Lage	halbfreie Lage
Hauptnutzung	Schulgebäude
Bauweise	Massivbauweise
Vollgeschosse	2
Nettogrundfläche	1386,60 m <sup>2</sup>
Gebäudevolumen	5962,4 m <sup>3</sup>



Abbildung 1 Lageplan



Ansichten:



Abbildung 2 Ansicht Süd-Ost



Abbildung 3 Ansicht Süd-West





Abbildung 4 Ansicht Nord-Ost



Abbildung 5 Ansicht Nord-West





Abbildung 6 Ansicht Nord-West 2



Abbildung 7 Ansicht Nord-West 3

## 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*

<b>Bauteil</b>	<b>U-Wert (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>U<sub>max</sub> GEG *</b>	<b>U<sub>max</sub> BEG **</b>
<i>Außenwände (saniert)</i>	0,23	0,24	0,20
<i>Außenwände (unsaniert)</i>	0,60	0,24	0,20
<i>Fenster</i>	1,90	1,30	0,95
<i>Außentüren</i>	1,90	1,30	1,30
<i>Dächer</i>	0,40	0,20	0,14
<i>Bodenplatte</i>	0,60	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  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$ ) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$  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:



Abbildung 8 Außenwände WC-Bereich

Die Außenwände im WC im WC-Bereich 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 9 Ungedämmte Außenwände

Die Baumaterialien der Außenwände sind nicht bekannt. Daher sind sie mit den entsprechenden Pauschalwerten parametrisiert:

U-Wert 0,6 W/km<sup>2</sup>: 1984- 1994 -

Massive Konstruktion: nach EnEV 2015

### 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 0,60 W/m<sup>2</sup>K nach EnEV 2015 1984-1994 - Boden gegen Erdreich, Stahlbeton massiv.

### 1.2.1.3 Fenster und Türen:



Die Fenster und Türen mit Zwei-Scheibenverglasungen wurden im Jahr 2001 montiert. Ihre Lebenszyklus beträgt 25 bis 50 Jahre\*.

Sie wurden in der Bilanzierung mit einem U-Wert von 1,9 W/km<sup>2</sup> nach dena 2015 berechnet:

\* Quelle: BTE-Lebensdauer katalog

Abbildung 10 Fenster aus dem Baujahr 2011

### 1.2.1.4 Dach:

Die Baumaterialien der Dächer sind nicht bekannt. Daher sind sie mit den entsprechenden Pauschalwerten parametrisiert:

U-Wert 0,4 W/km<sup>2</sup>: 1984- 1994 – Massive Konstruktion nach EnEV 2015

## 1.2.2 Anlagentechnik

Das Gebäude wird mit Brennwert-Kessel aus dem Baujahr 2000. Die Nennleistung beträgt ca. 109,00 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

<b>Wärmeerzeugung (Heizung +Warmwasser)</b>	
Art (Baujahr)	Brennwert-Kessel (2000)
Leistung	109 kW
Brennstoff	Erdgas
Übergabe	Heizkörper 70/55°C
Warmwasser	Untertisch-Kleinspeicher
Automatisierungsklasse	Klasse C



Abbildung 11 Anlagentechnik



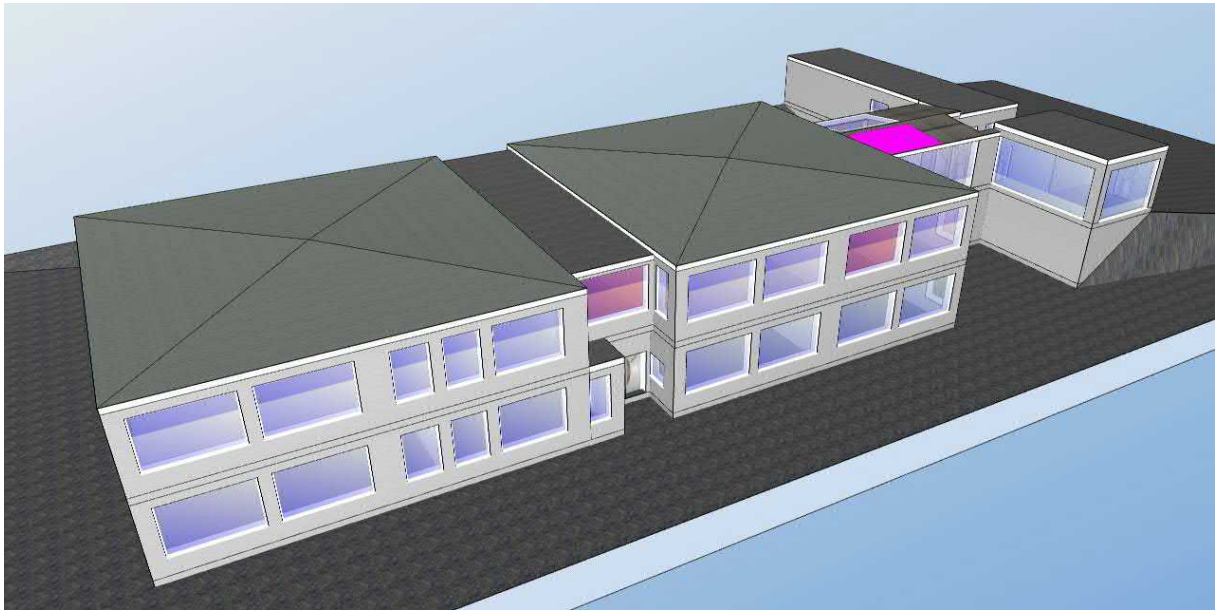


Abbildung 12 Untertisch-Kleinspeicher



Abbildung 13 Leuchtstofflampe

## 1.2.3 Modelberechnung nach DIN EN 18599

*Abbildung 14 3D Model -1**Abbildung 15 3D Model -2*

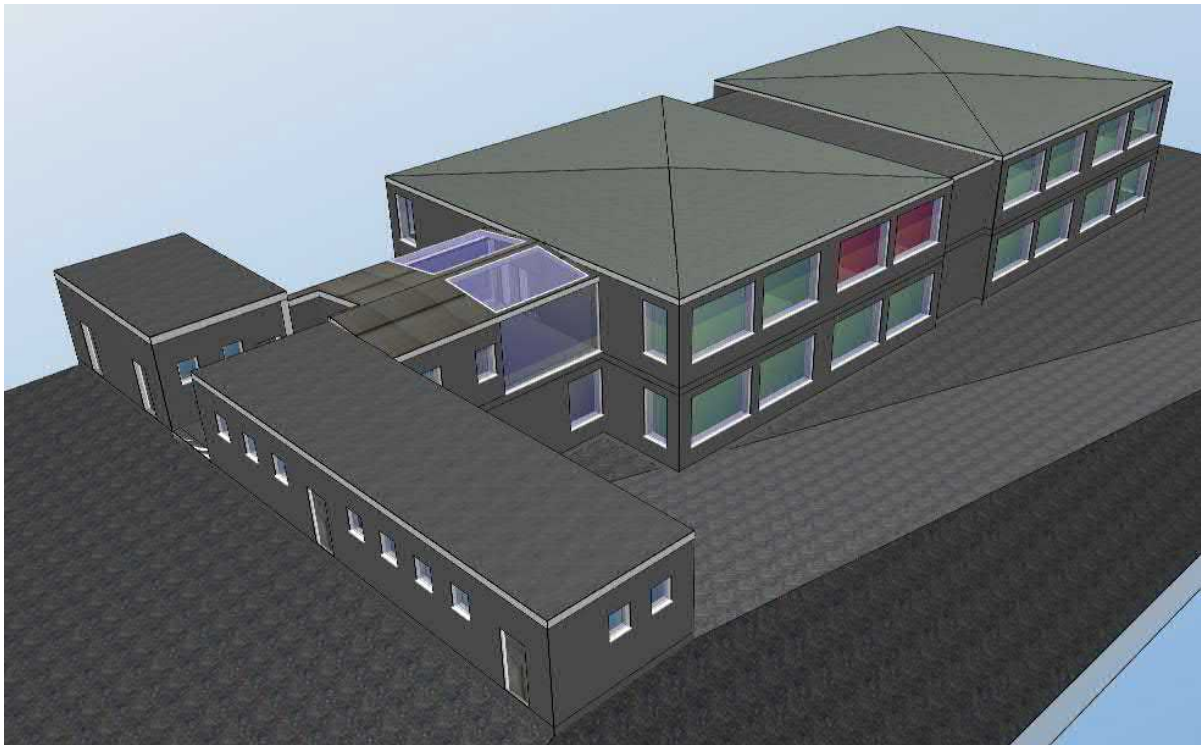


Abbildung 16 3D Model -3

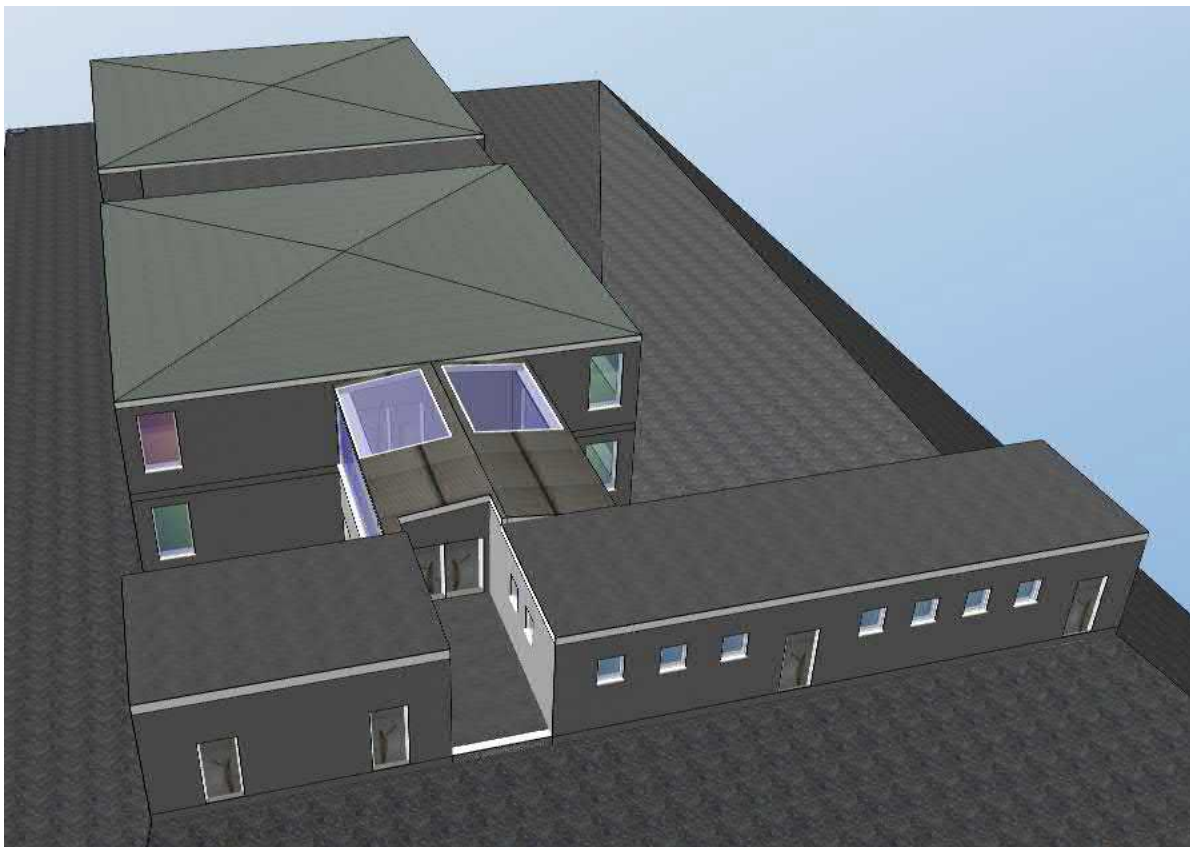


Abbildung 17 3d Model -4



### 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	Einzelbüro	99,09	7,15	176,27	Heizung + Beleuchtung
2	Gruppenbüro	82,15	5,92	169,23	Heizung + Beleuchtung
3	Klassenzimmer (Schule)	782,31	56,42	1534,58	Heizung + Beleuchtung
4	WC und Sanitärräume	113,86	8,21	524,59	Heizung + Beleuchtung
5	Lager	(156,98)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
6	Verkehrsfläche	309,16	22,30	489,30	Heizung + Beleuchtung
		Σ 1386,57		Σ 2893,96	

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

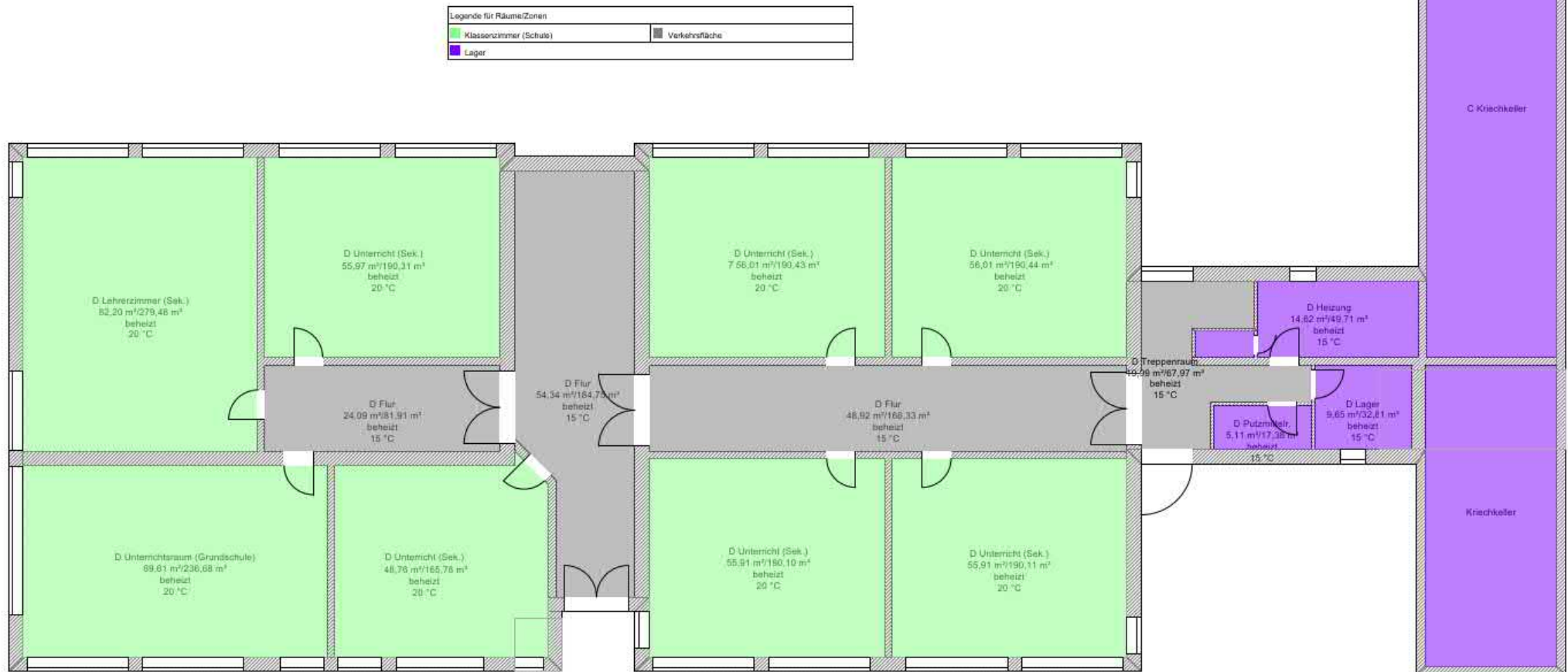


Abbildung 18 Zonierung EG



Abbildung 19 Zonierung OG

## 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.

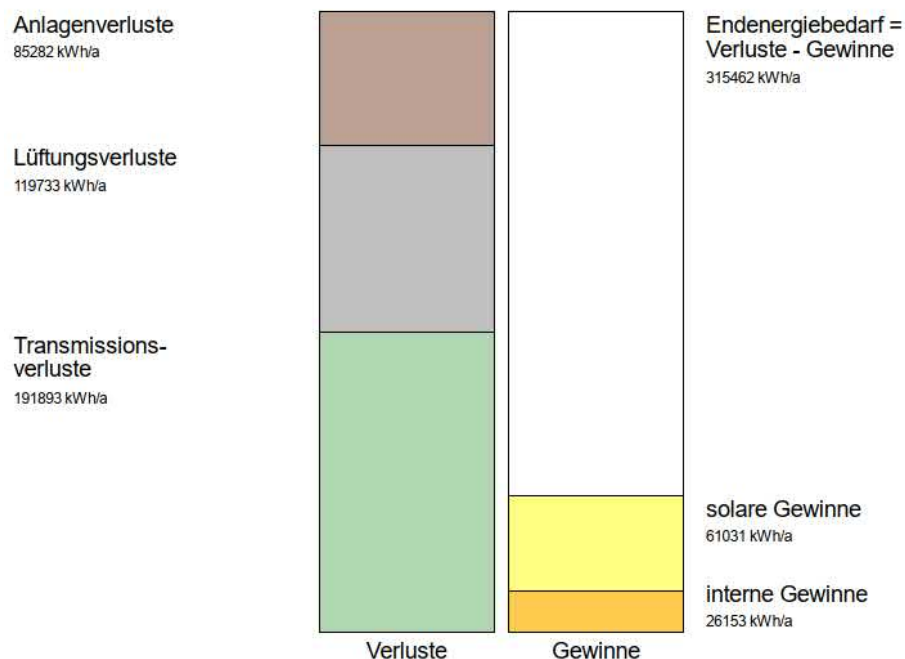


Abbildung 20 Ist-Zustand Verluste-Gewinne

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.

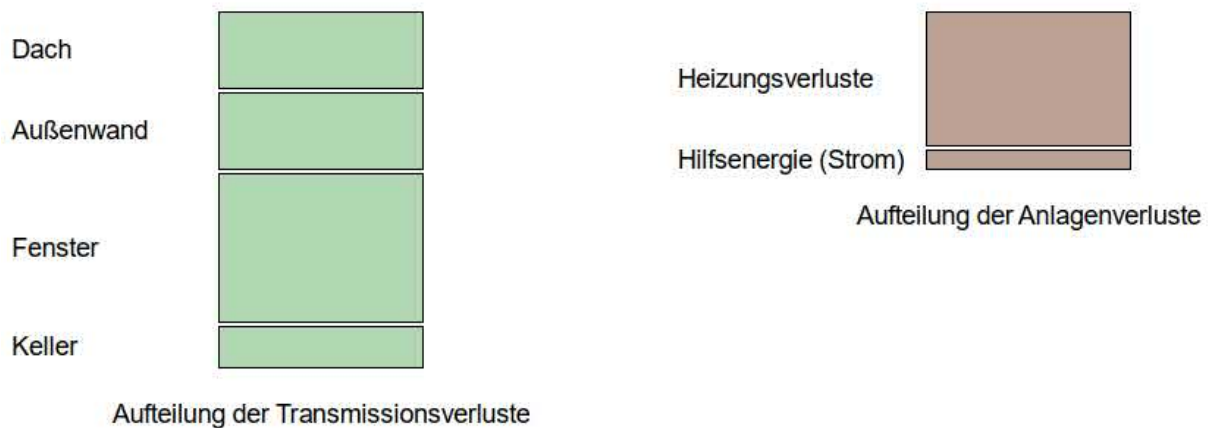


Abbildung 21 Transmissionsverluste

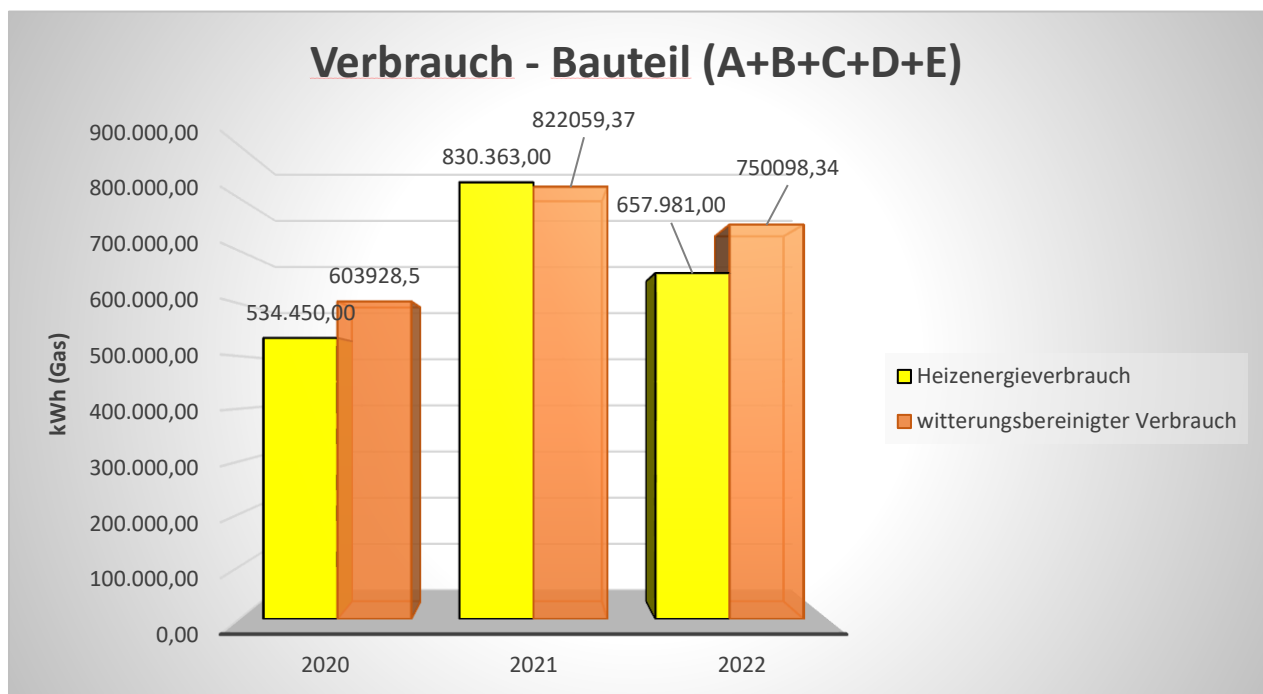


Abbildung 22 Energieverbrauch Bestand

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	230109	224440	0	0	5669	0
	165,96	161,87	0	0	4,09	0
Endenergie	315535	306730	0	0	8805	0
	227,57	221,22	0	0	6,35	0
Primärenergie	320963	305114	0	0	15850	0
	231,48	220,05	0	0	11,43	0

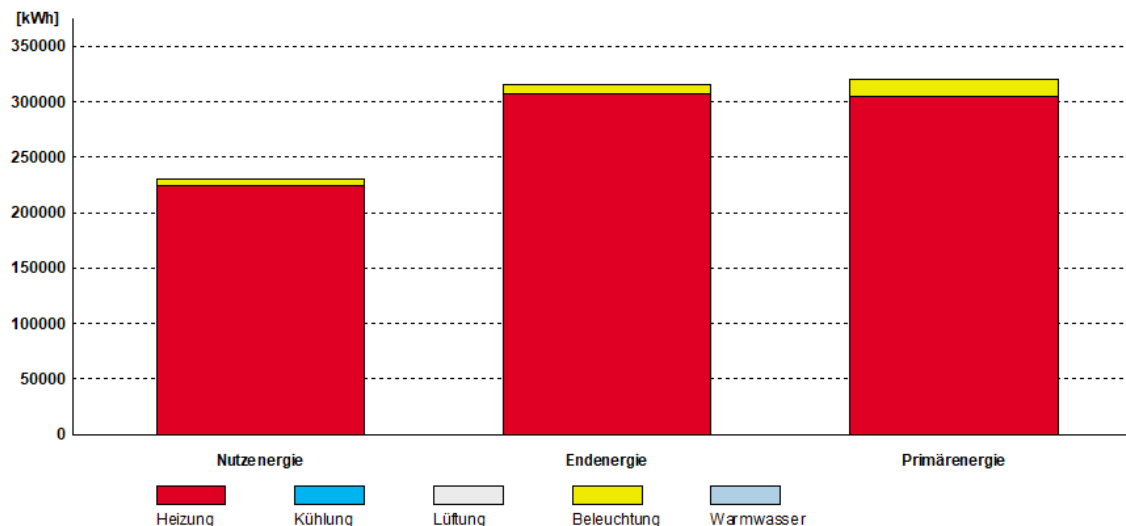


Abbildung 23 Energiebilanz (Ist-Zustand)

**Brennstoff-Bedarf**

Erdgas E 26.397 m³

Strom  
(Hilfsenergie) 10.224 kWh**Energiekosten** 52.508 €  
(inkl. Betriebskosten)

Erdgas: 16 Cent/kWh (brutto)

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)

Abbildung 24 Brennstoff-Bedarf (Ist-Zustand)

**Emission****CO2-Emissionen** 71.739 kg

SO2-Emissionen 54,54 kg

NOx-Emissionen 60,97 kg

Abbildung 25 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 231,48 kWh/m<sup>2</sup>a.

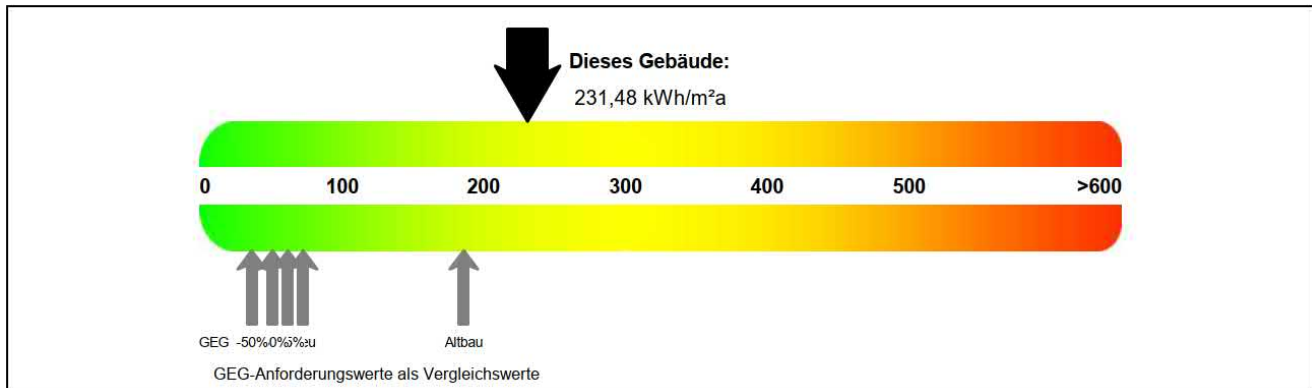


Abbildung 26 Gesamtbewertung - Primärenergiebedarf

### 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
<b>V5</b>	Hydraulischer Abgleich

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 für die Beleuchtung von 8.805 kWh/Jahr reduziert sich auf 4.315 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.490 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.515 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

228,94 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 27 LED-Leuchten

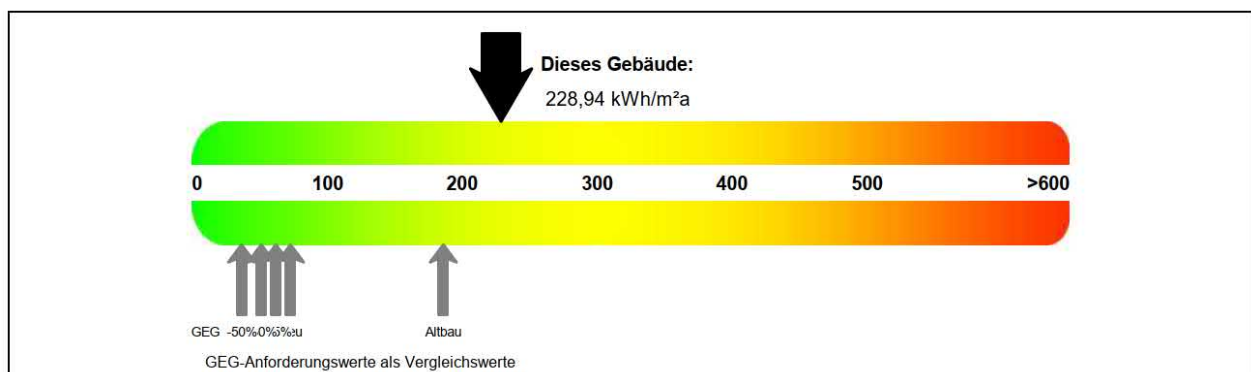






Abbildung 28 Gesamtbewertung (Variante 1)



**Brennstoff-Bedarf**

Erdgas E	26.397 m³		+1 %
	26.792 m³		+396 m³
Strom (Hilfsenergie)	10.224 kWh		-44 %
	5.752 kWh		-4.472 kWh



<b>Energiekosten</b> (inkl. Betriebskosten)	52.508 €		-2 %
	51.719 €		-788 €

Abbildung 29 Brennstoff-Bedarf (Variante 1)

Erdgas: 16 Cent/kWh (brutto)

**Emission**

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)







<b>CO2-Emissionen</b>	71.739 kg		-2 %
	70.223 kg		-1.515 kg
SO2-Emissionen	54,54 kg		-8 %
	50,22 kg		-4,32 kg
NOx-Emissionen	60,97 kg		-3 %
	59,19 kg		-1,78 kg

Abbildung 30 Emissionen (Variante 1)

**Energiebilanz für das Gebäude:**

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	230441	227664	0	0	2778	0
	166,20	164,19	0	0	2,00	0
Endenergie	315638	311323	0	0	4315	0
	227,64	224,53	0	0	3,11	0
Primärenergie	317448	309681	0	0	7766	0
	228,94	223,34	0	0	5,60	0

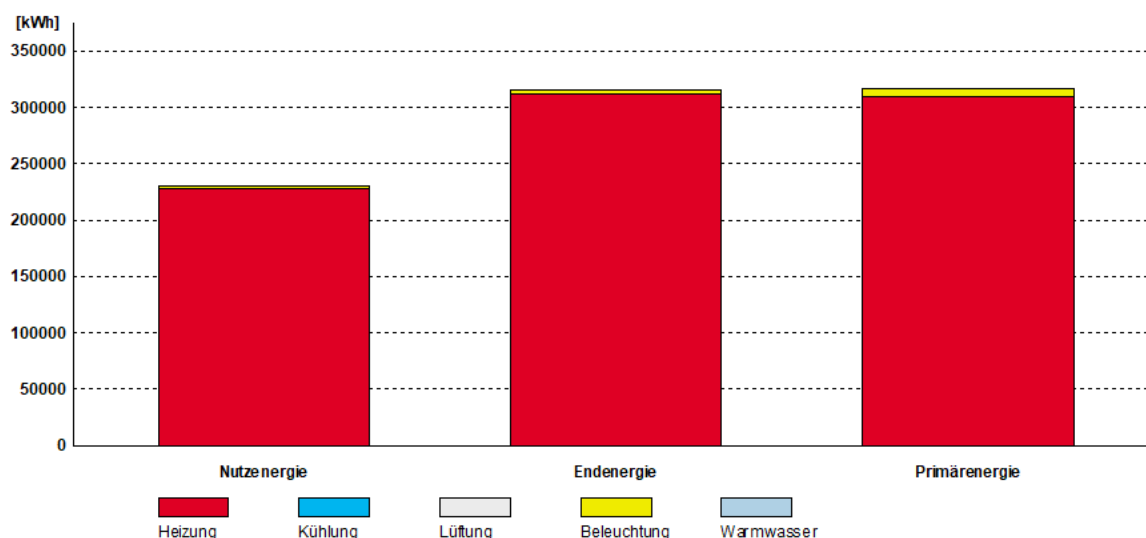


Abbildung 31 Energiebilanz (Variante 1)

### 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. 53 Lampen 36 W – 200 €/Stck	10.600,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	<u>2.650,-</u>
Summe netto € ca.:	<b>13.250,-</b>
<b><u>Mögliche Fördersumme (20 %)</u></b>	<b><u>2.120,-</u></b>
<b><u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u></b>	<b>11.130,-</b>
<b><u>inkl. MwSt. € ca.:</u></b>	<b><u>13.244,-</u></b>

## 2.2 Variante 2: Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Luftwasser-Wärmepumpe + Gaskessel.



*Abbildung 32 Beispiel einer Wärmepumpe + Gaskessel*

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 34 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 315462 kWh/Jahr reduziert sich auf 207890 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 107573 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 10501 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 176 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.

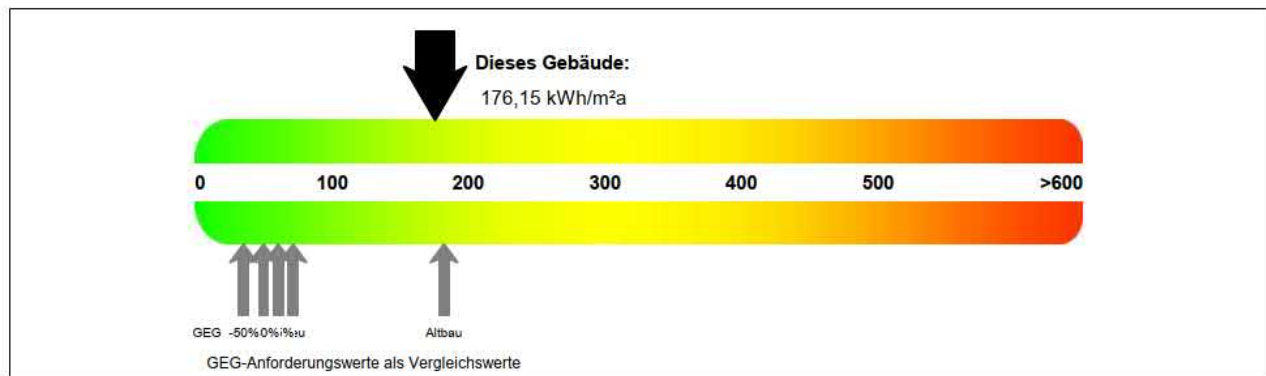


Abbildung 33 Gesamtbewertung (Variante 2)

**Brennstoff-Bedarf**

Erdgas E	26.397 m³		-47 %
	13.889 m³		-12.508 m³
Strom-Mix	37.151 kWh		
Strom (Hilfsenergie)	10.224 kWh		-1 %
	10.095 kWh		-129 kWh

<b>Energiekosten</b> (inkl. Betriebskosten)	52.508 €		-20 %
	41.999 €		-10.509 €

Abbildung 34 Brennstoff-Bedarf (Variante 2)

**Emission**

<b>CO2-Emissionen</b>	71.739 kg		-15 %
	61.192 kg		-10.547 kg
SO2-Emissionen	54,54 kg		+38 %
	75,21 kg		+20,67 kg
NOx-Emissionen	60,97 kg		-7 %
	56,49 kg		-4,48 kg

Abbildung 35 Emissionen (Variante 2)

**Energiebilanz für das Gebäude:**

	in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie		230086	224417	0	0	5669	0
		165,94	161,85	0	0	4,09	0
Endenergie		207355	198549	0	0	8805	0
		149,55	143,19	0	0	6,35	0
Primärenergie		243655	227805	0	0	15850	0
		175,73	164,29	0	0	11,43	0

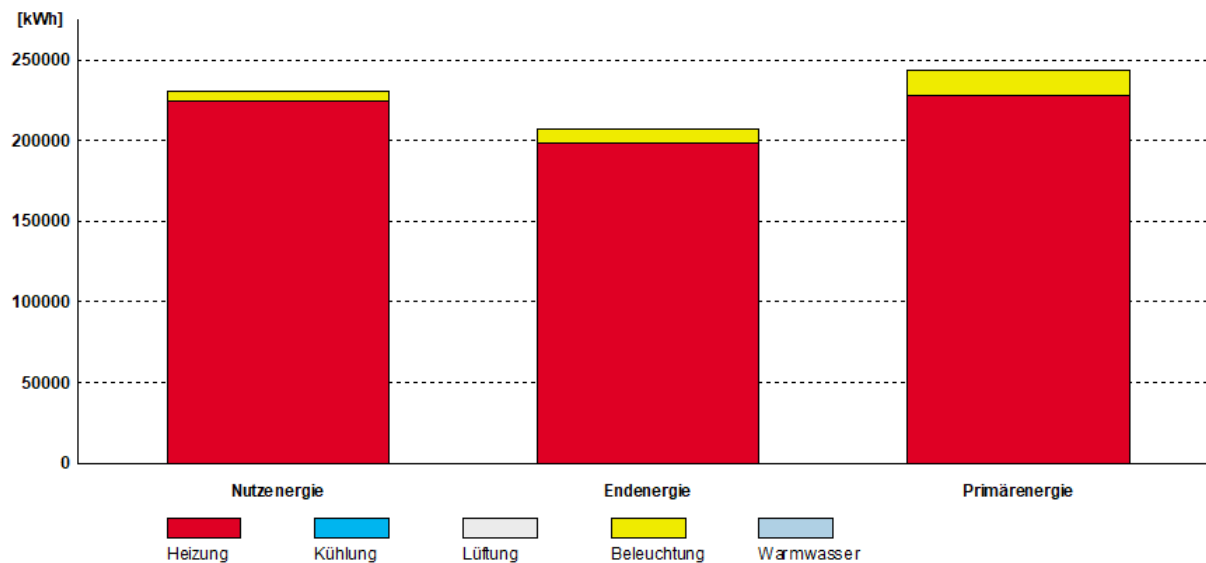


Abbildung 36 Energiebilanz (Variante 2)

## 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. <u>20 kW</u> (Heizlast Anteil)	21.000,-
• Brennwertkessel ca. 55 kW	9.000,-
• Magnetit Schlammfang 400 l	6.500,-
• MSR Umbau	2.000,-
• Installation und Zubehör	10.000,-
• Demontage Gaskessel (Baujahr 2000)	1.500,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	<u>12.500,-</u>
Summe netto € ca.:	<b>48.125,-</b>
<b><u>Mögliche Fördersumme (30 %)</u></b>	<b><u>12.300,-</u></b>
<b><u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u></b>	<b><u>50.200,-</u></b>
<b><u>inkl. MwSt. € ca.:</u></b>	<b><u>59.738,-</u></b>

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

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Sole-Wasser Wärmepumpe + Gaskessel.

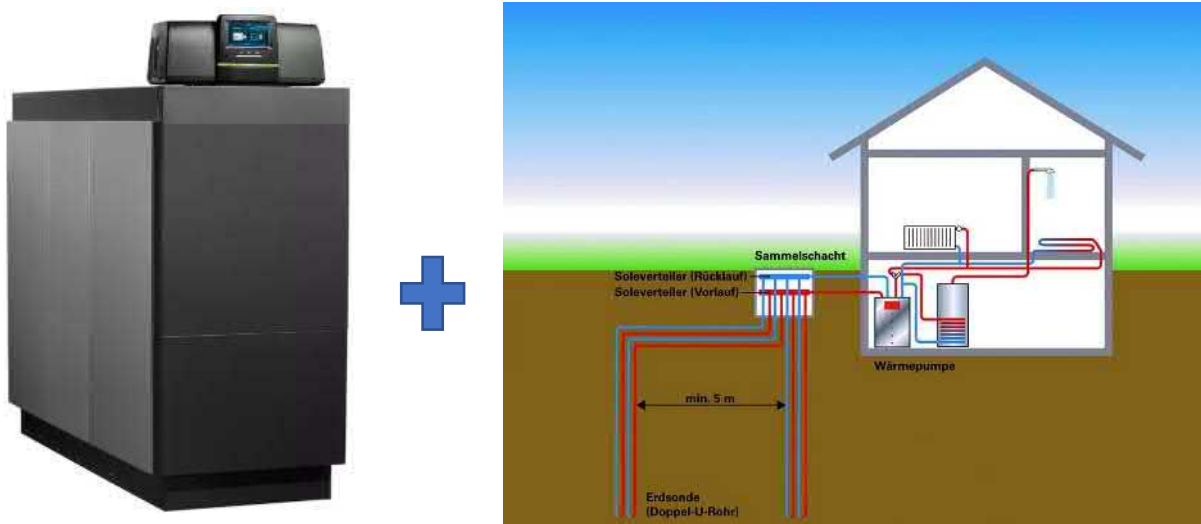


Abbildung 37 Sole-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel

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 38 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 315462 kWh/Jahr reduziert sich auf 196790 kWh/Jahr.

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 118672 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 16059 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 163 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.

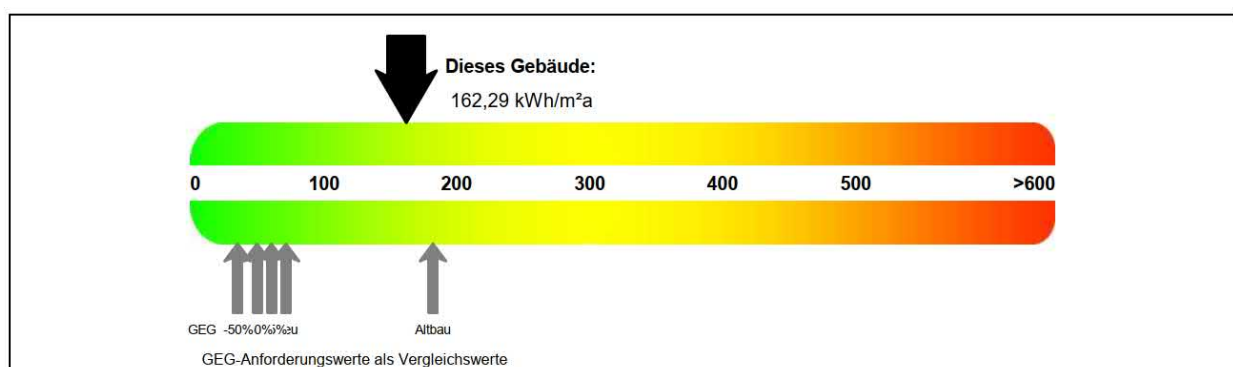


Abbildung 38 Gesamtbewertung (Variante 3)

#### Brennstoff-Bedarf

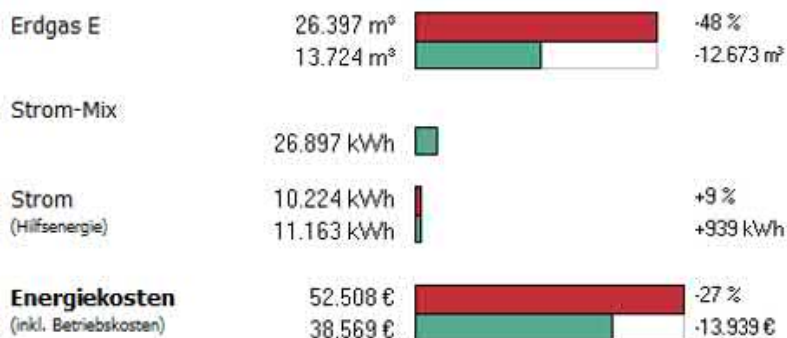


Abbildung 39 Brennstoff-Bedarf (Variante 3)

Erdgas: 16 Cent/kWh (brutto)

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)

#### Emission

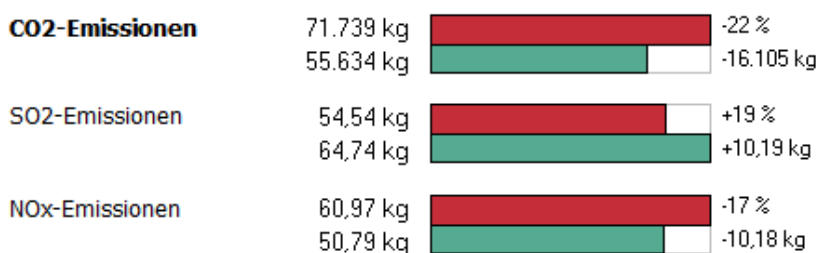


Abbildung 40 Emissionen (Variante 3)



**Energiebilanz für das Gebäude:**

	in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie		230086	224417	0	0	5669	0
		165,94	161,85	0	0	4,09	0
Endenergie		196790	187985	0	0	8805	0
		141,93	135,58	0	0	6,35	0
Primärenergie		225808	209959	0	0	15850	0
		162,85	151,42	0	0	11,43	0

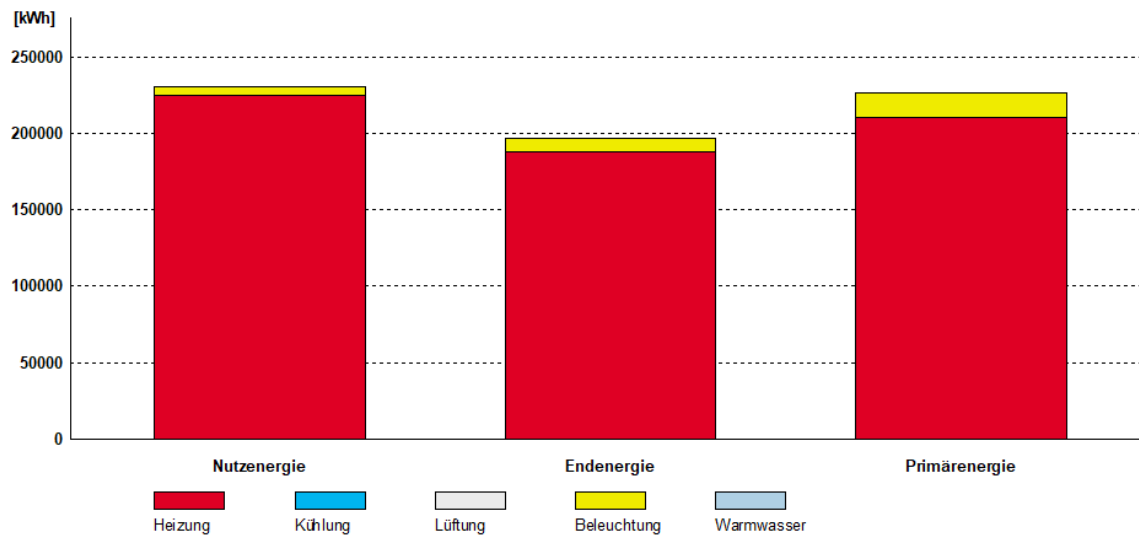


Abbildung 41 Energiebilanz (Variante 3)

## 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 ca. 20 kW (Heizlast Anteil)	16.000,-
• Brennwertkessel ca. 55 kW	9.000,-
• Bohrungen ca. 3 Stück inkl. Verrohrung	24.000,-
• Installation und Zubehör	10.000,-
• Magnetit Schlammfang 400 l	6.500,-
• MSR Umbau	2.000,-
• Demontage Gaskessel (Baujahr 2000)	1.500,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	<u>17.250,-</u>
Summe netto € ca.:	<b>86.250,-</b>
<b><u>Mögliche Fördersumme (30 %)</u></b>	<b><u>18.000,-</u></b>
<b><u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u></b>	<b><u>68.250,-</u></b>
<b><u>inkl. MwSt. € ca.:</u></b>	<b><u>81.217,-</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 42 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.

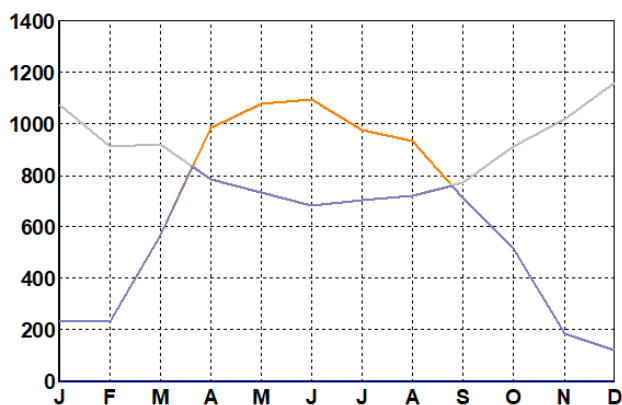


Abbildung 43 PV-Ertrag

### Selbst nutzbarer PV-Ertrag

für erneuerbare Energien nach GEG / BEG - monatsweise Verrechnung

	Energiebilanz Qp / GEG EE		BEG EE	
	PV-Ertrag	el. Bedarf nutzbar	el. Bedarf nutzbar	
Jan	234	1071	234	0 kWh
Feb	233	912	233	0 kWh
Mar	567	918	567	0 kWh
Apr	984	786	786	0 kWh
Mai	1078	732	732	0 kWh
Jun	1093	683	683	0 kWh
Jul	975	703	703	0 kWh
Aug	933	722	722	0 kWh
Sep	712	770	712	0 kWh
Okt	516	910	516	0 kWh
Nov	186	1017	186	0 kWh
Dez	122	1159	122	0 kWh
Qf	7633	10382	6195	0 kWh
				Primärenergie Qp 11151 kWh = Qf x 1,8
				CO <sub>2</sub> 3469 kg = Qf x 0,560 kg/kWh

Erneuerbare Energie GEG	Q <sub>t,PV</sub>	6.195 kWh
Erneuerbare Energie BEG	Q <sub>t,PV</sub>	0 kWh
Abzugswert für Qp	Q <sub>p,PV</sub>	11.032 kWh
	CO <sub>2,PV</sub>	3.432 kg

Ausrichtung	Süd
Neigung	30 °
Gesamtfläche	A 54,95 m <sup>2</sup>
Peakleistung	P <sub>pk</sub> 10,00 kW
- pro m <sup>2</sup>	K <sub>pk</sub> 182,0 W/m <sup>2</sup>

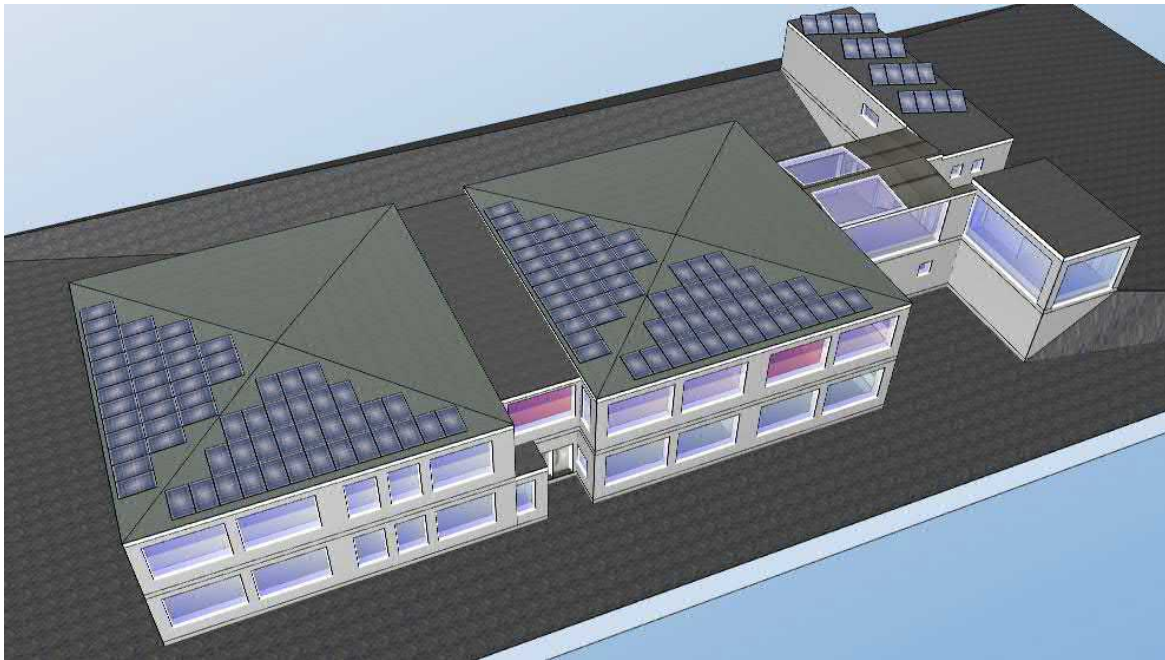


Abbildung 44 PV-Anlage

#### 2.4.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 2 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 315462 kWh/Jahr reduziert sich auf 309375 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 6087 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 3393 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 224 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.



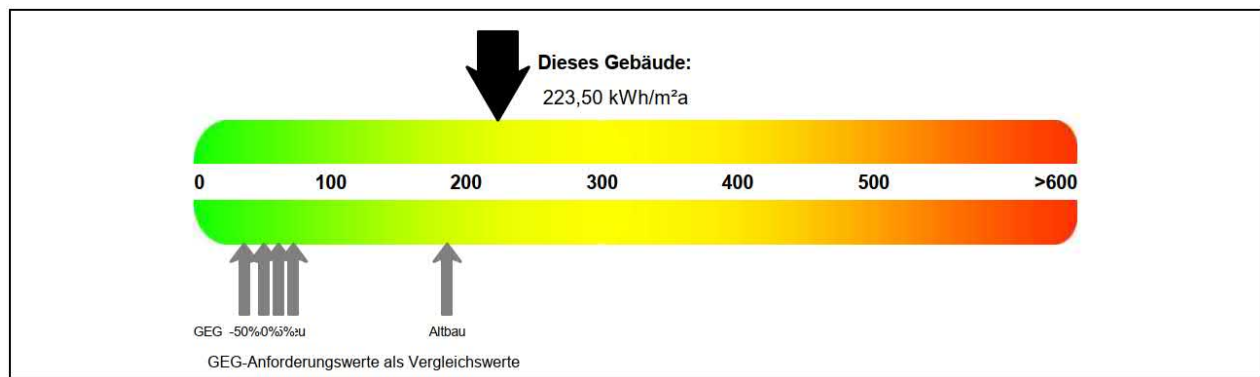


Abbildung 45 Gesamtbewertung (Variante 4)

**Brennstoff-Bedarf**

Erdgas E	26.397 m³		
	26.394 m³		
Strom (Hilfsenergie)	10.224 kWh		-60 %
	4.095 kWh		-6.129 kWh
<b>Energiekosten</b> (inkl. Betriebskosten)	52.508 €		-4 %
	50.419 €		-2.089 €

Abbildung 46 Brennstoff-Bedarf (Variante 5)

**Emission**

<b>CO2-Emissionen</b>	71.739 kg		-5 %
	68.300 kg		-3.439 kg
SO2-Emissionen	54,54 kg		-12 %
	47,73 kg		-6,81 kg
NOx-Emissionen	60,97 kg		-6 %
	57,39 kg		-3,58 kg

Abbildung 47 Emissionen (Variante 5)

**Energiebilanz für das Gebäude:**

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser	PV*
Nutzenergie	230086	224417	0	0	5669	0	0
	165,94	161,85	0	0	4,09	0	0
Endenergie	309375	306143	0	0	3232	0	(-6129)
	223,12	220,79	0	0	2,33	0	(-4,42)
Primärenergie	309901	304084	0	0	5817	0	(-11032)
	223,50	219,31	0	0	4,20	0	(-7,96)

\* PV bereits in Endenergie / Primärenergie verrechnet

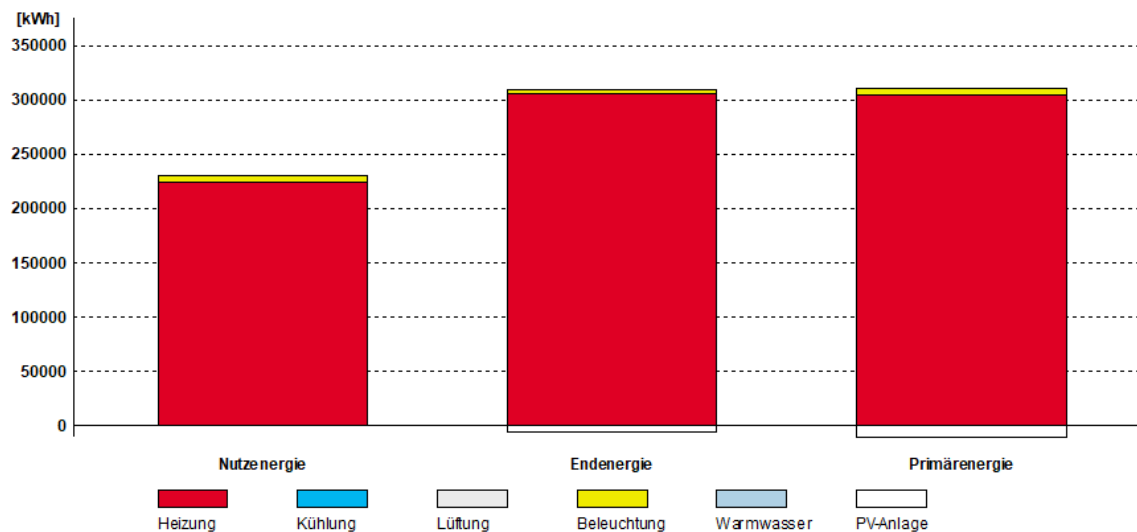


Abbildung 48 Energiebilanz (Variante 5)

## 2.4.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Diese Effizienzmaßnahme ist nicht förderfähig.

## 2.4.3 Schätz-Investition €:

- PV Anlage ca. 35 kWp 20.000,-

Baunebenkosten Ing. netto €: 5.000,-

Summe netto € ca.: **25.000,-**

**inkl. MwSt. € ca.: 29.750,-**

## 2.5 Variante 5: Hydraulischer Abgleich

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Optimierung des Heizungssystems.

Alle Heizkörper sollten mit voreinstellbaren Ventileinsätzen versehen werden, falls dies noch nicht geschehen ist, um dann einen hydraulischen Abgleich zu ermöglichen. Fehlt der hydraulische Abgleich, werden manche Heizkörper zu warm, andere bleiben kühl. Weniger als zehn Prozent aller Heizungsanlagen in Deutschland sind hydraulisch richtig abgeglichen. Das Einsparpotential durch einen hydraulischen Abgleich liegt gegenüber nicht optimierten Systemen bei rund 5-15 Prozent. Ab Oktober 2023 ist es Pflicht, in öffentlichen Gebäuden einen hydraulischen Abgleich durchgeführt zu haben.

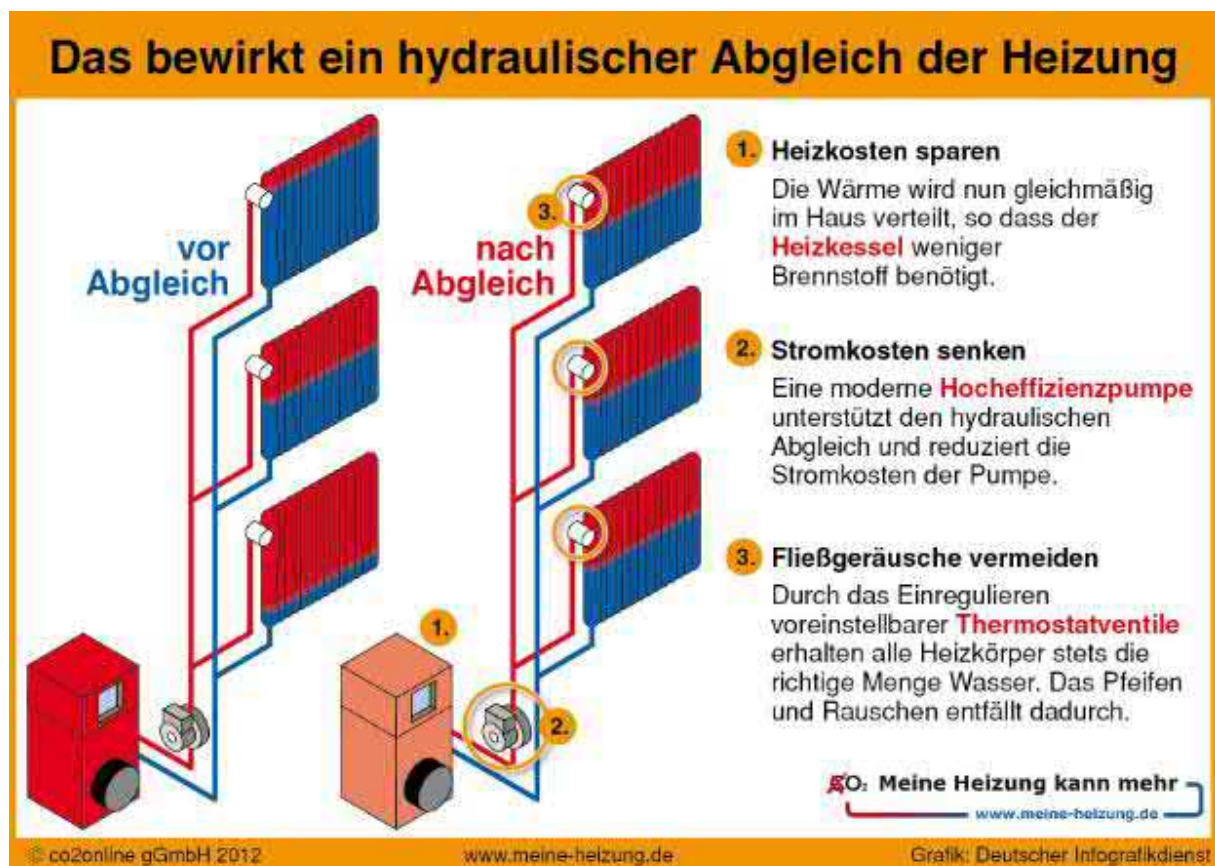


Abbildung 49 Hydraulischer Abgleich

### 2.5.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 2 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 315462 kWh/Jahr reduziert sich auf 309375 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 6087 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 3393 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 224 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.

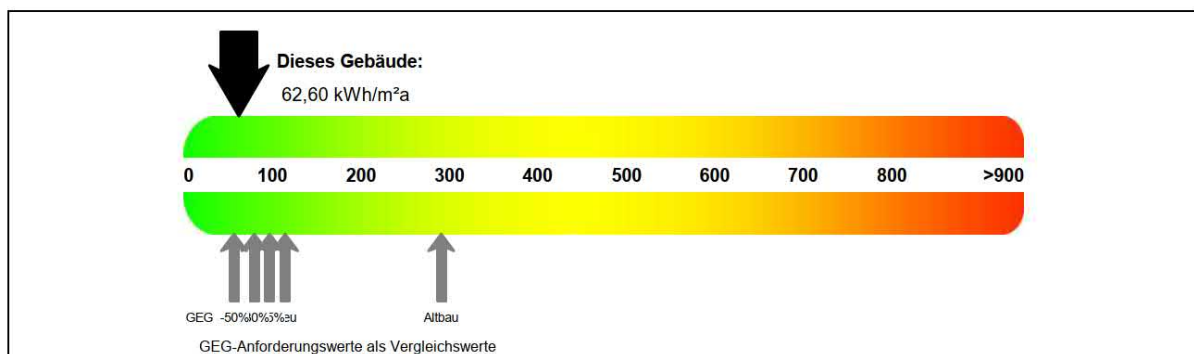


Abbildung 50 Gesamtbewertung (Variante 5)

### Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	26.397 m <sup>3</sup>	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: red;"></div>	-2 %
	25.771 m <sup>3</sup>	<div style="width: 96%; height: 10px; background-color: green;"></div>	-625 m <sup>3</sup>
Strom (Hilfsenergie)	10.224 kWh	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: red;"></div>	
	10.195 kWh	<div style="width: 99.8%; height: 10px; background-color: green;"></div>	
<b>Energiekosten</b> (inkl. Betriebskosten)	52.508 €	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: red;"></div>	-2 %
	51.340 €	<div style="width: 96.8%; height: 10px; background-color: green;"></div>	-1.167 €

Abbildung 51 Brennstoff-Bedarf (Variante 5)

Erdgas: 16 Cent/kWh (brutto)

### Emission

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)

<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	71.739 kg	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: red;"></div>	-2 %
	70.158 kg	<div style="width: 97.8%; height: 10px; background-color: green;"></div>	-1.580 kg
SO <sub>2</sub> -Emissionen	54,54 kg	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: red;"></div>	-2 %
	53,49 kg	<div style="width: 97.2%; height: 10px; background-color: green;"></div>	-1,06 kg
NO <sub>x</sub> -Emissionen	60,97 kg	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: red;"></div>	-2 %
	59,65 kg	<div style="width: 97.8%; height: 10px; background-color: green;"></div>	-1,32 kg

Abbildung 52 Emissionen (Variante 5)

**Energiebilanz für das Gebäude:**

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser	PV *
Nutzenergie	230086	224417	0	0	5669	0	0
	165,94	161,85	0	0	4,09	0	0
Endenergie	309375	306143	0	0	3232	0	(-6129)
	223,12	220,79	0	0	2,33	0	(-4,42)
Primärenergie	309901	304084	0	0	5817	0	(-11032)
	223,50	219,31	0	0	4,20	0	(-7,96)

\* PV bereits in Endenergie / Primärenergie verrechnet

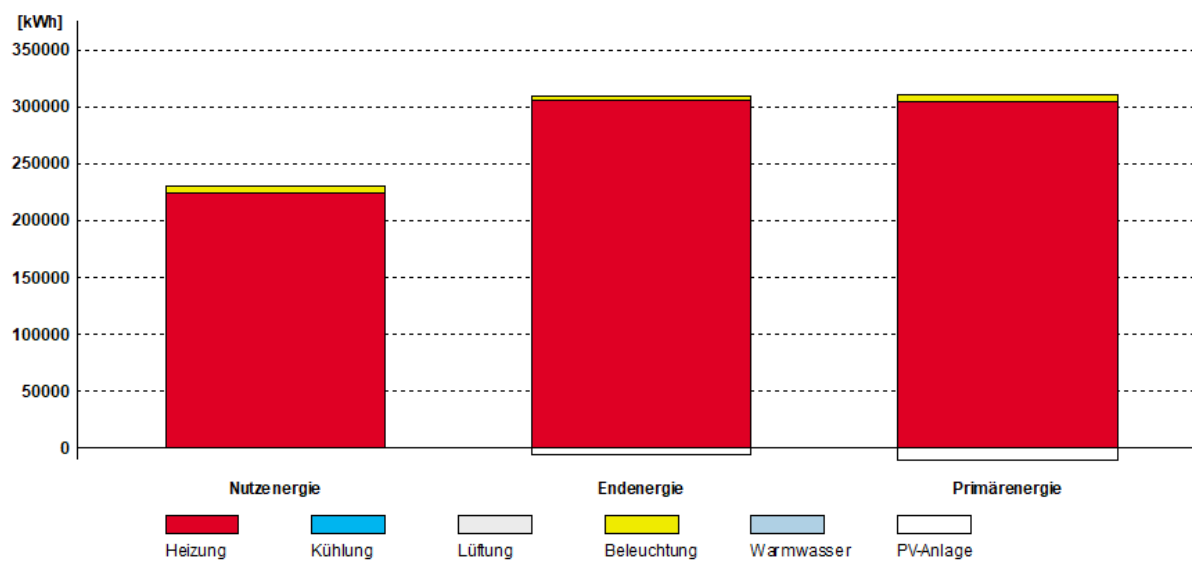


Abbildung 53 Energiebilanz (Variante 5)

## 2.5.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Zu beantragen sind Fördermittel für folgende Effizienzmaßnahmen:

- Heizungsoptimierung <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



## 2.5.3 Schätz-Investition €:

• Hydraulischer Abgleich pro. Heizkörper	85€ ca. 26 Stck.	2.210,-
• Baunebenkosten Ing. netto:		<u>552,-</u>
Summe netto € ca.:		<b>2762,-</b>
<b><u>Mögliche Fördersumme (20 %)</u></b>		<b><u>442,-</u></b>
<b><u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u></b>		<b>2.320,-</b>
<b><u>inkl. MwSt. € ca.:</u></b>		<b><u>2.761,-</u></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

Abbildung 58 zeigt die Reduktion des Endenergiebedarfs in Abhängigkeit der jeweiligen Sanierungsvarianten auf.

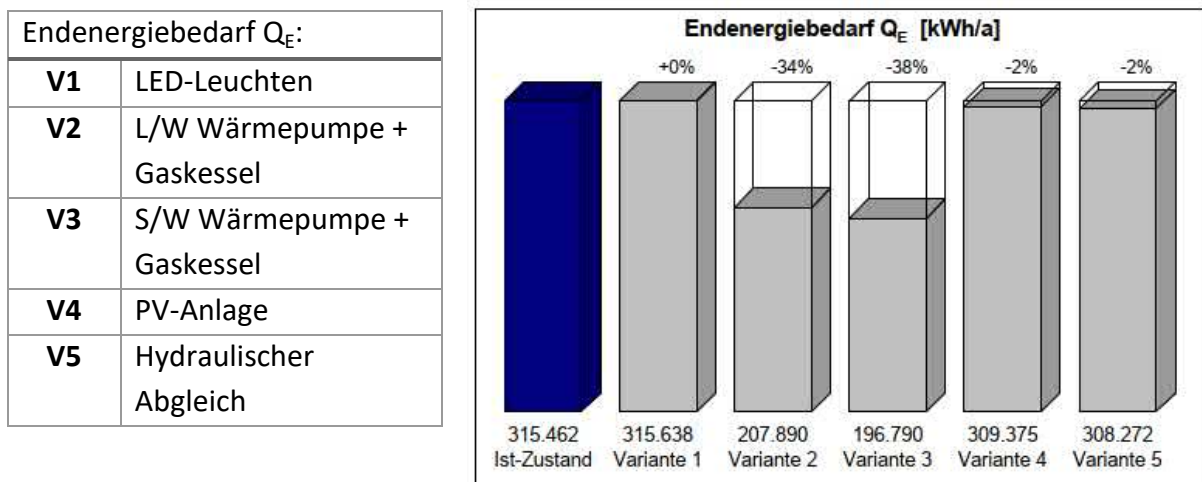


Abbildung 54 Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf

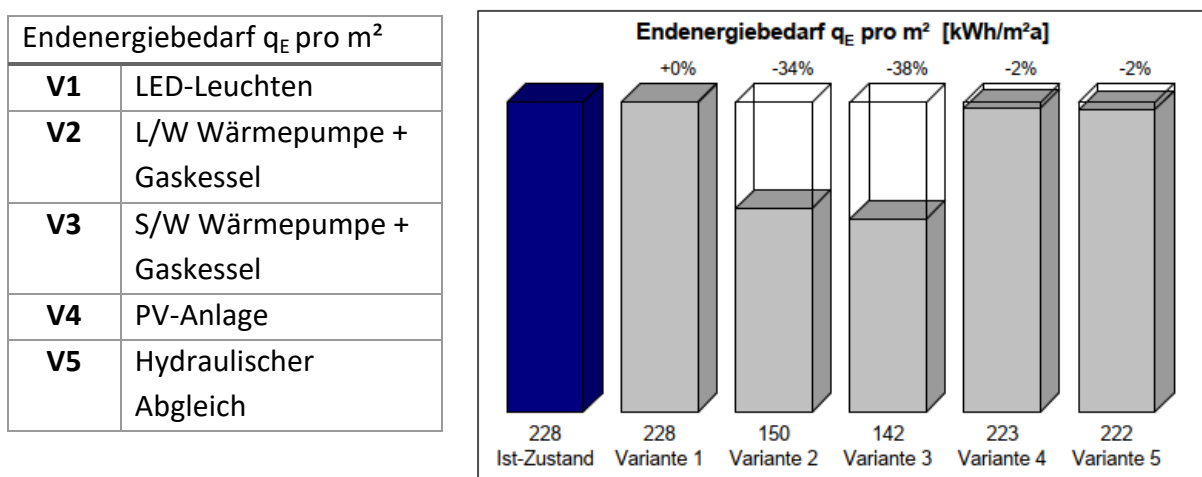


Abbildung 55 Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf pro  $m^2$

### 3.2 Primärenergiebedarf

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

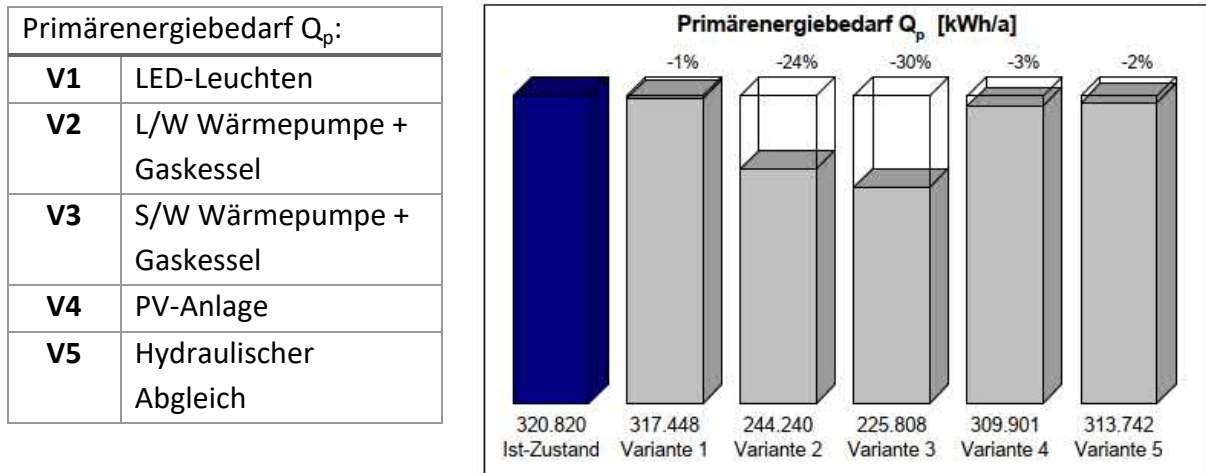


Abbildung 56 Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf

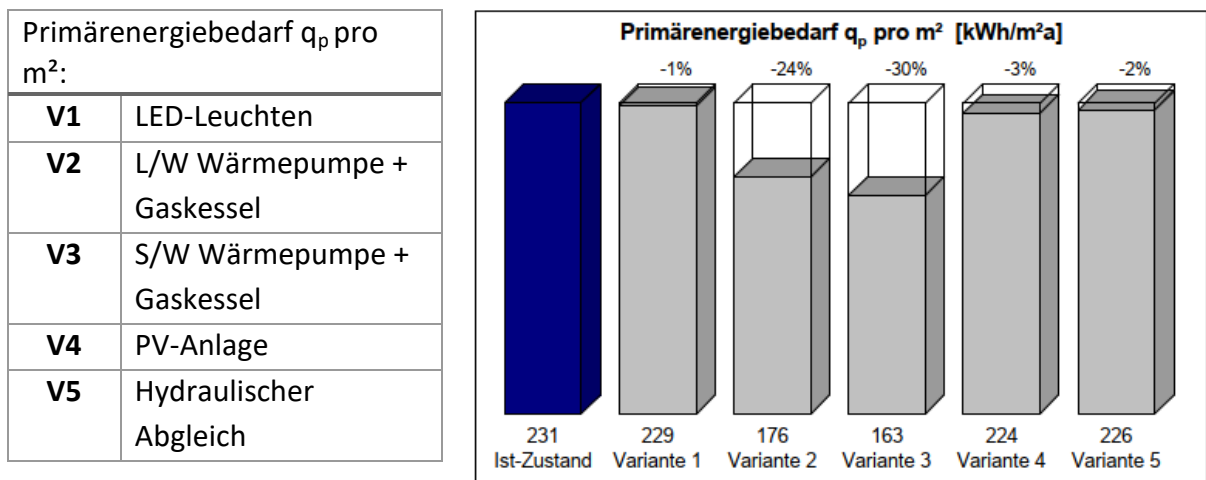


Abbildung 57 Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf pro  $m^2$

### 3.3 Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf $Q_b$ :	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	L/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V3</b>	S/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V4</b>	PV-Anlage
<b>V5</b>	Hydraulischer Abgleich

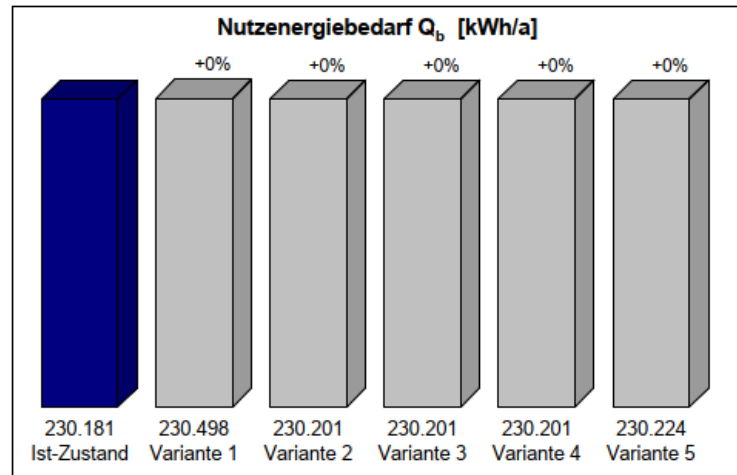


Abbildung 58 Erzielbare Einsparungen im Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf $q_b$ pro $m^2$ :	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	L/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V3</b>	S/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V4</b>	PV-Anlage
<b>V5</b>	Hydraulischer Abgleich

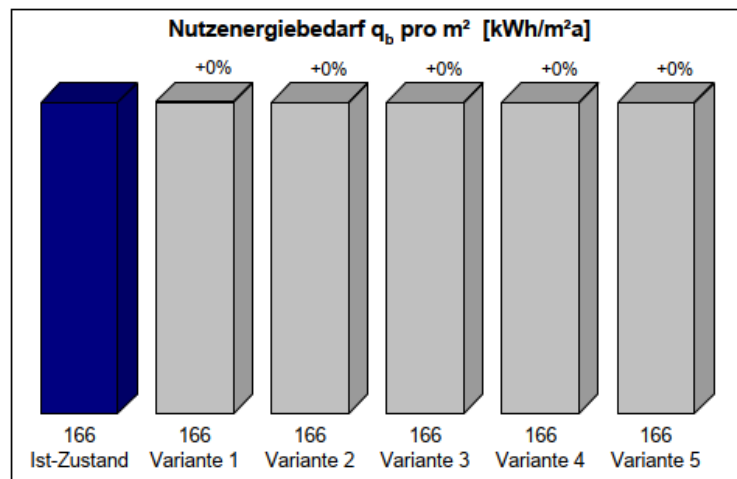


Abbildung 59 Erzielbare Einsparungen im Nutzenergiebedarf pro  $m^2$

### 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>	L/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V3</b>	S/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V4</b>	PV-Anlage
<b>V5</b>	Hydraulischer Abgleich

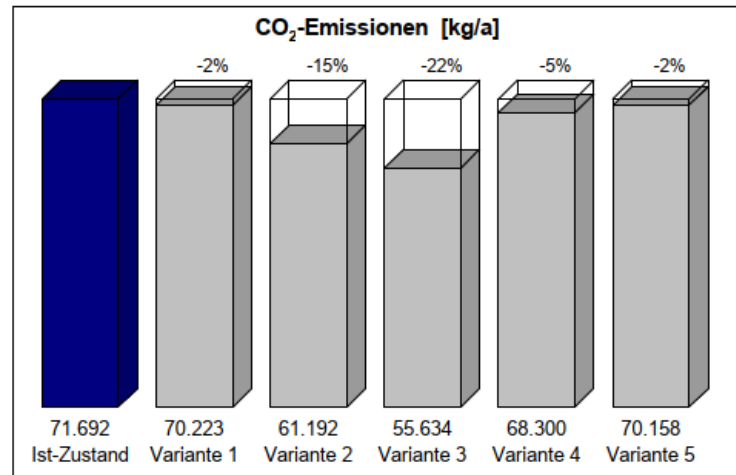


Abbildung 60 Erzielbare Einsparungen in Kohlenstoffdioxid-Emissionen

CO <sub>2</sub> -Emissionen pro m <sup>2</sup>	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	L/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V3</b>	S/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V4</b>	PV-Anlage
<b>V5</b>	Hydraulischer Abgleich

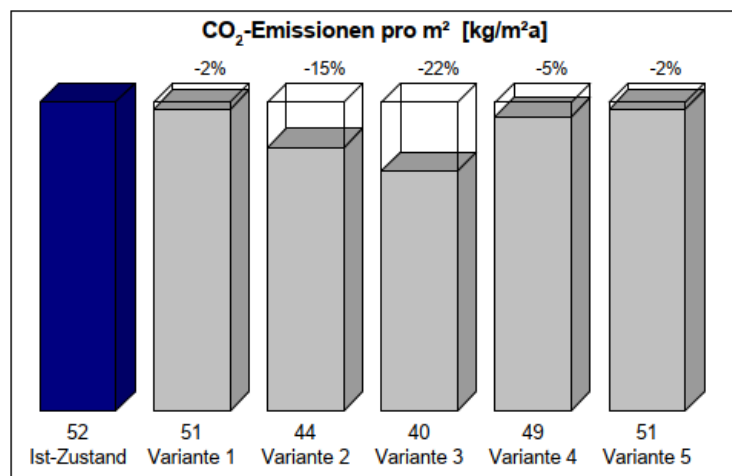


Abbildung 61 Erzielbare Einsparungen in Kohlenstoffdioxid-Emissionen pro m<sup>2</sup>



NO <sub>x</sub> -Emissionen	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	L/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V3</b>	S/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V4</b>	PV-Anlage
<b>V5</b>	Hydraulischer Abgleich

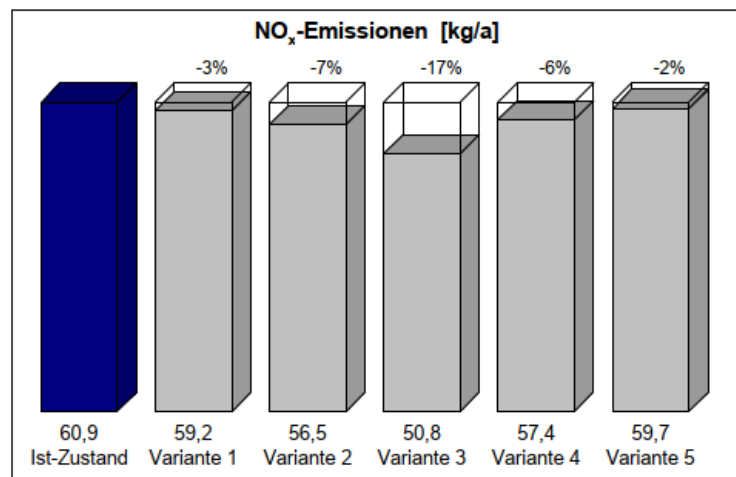


Abbildung 62 Erzielbare Einsparungen in Stickstoffdioxid -Emissionen

SO <sub>2</sub> -Emissionen	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	L/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V3</b>	S/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V4</b>	PV-Anlage
<b>V5</b>	Hydraulischer Abgleich

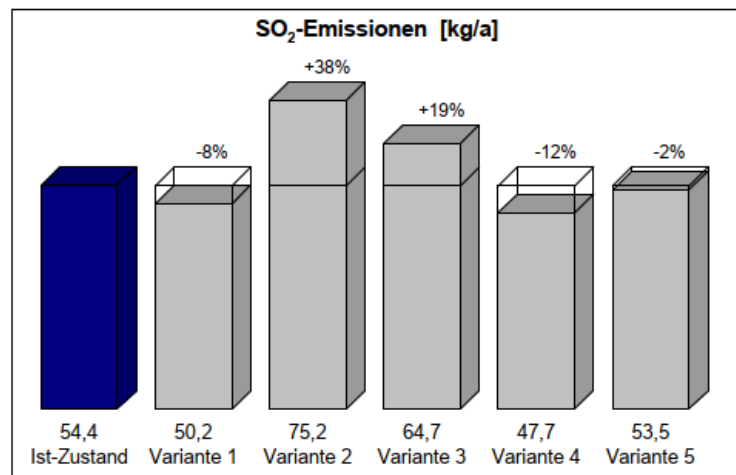


Abbildung 63 Erzielbare Einsparungen in Schwefeldioxid -Emissionen

### 3.5 Anlagentechnische Verluste

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

Anlagentechnische Verluste $Q_t$ :	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	L/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V3</b>	S/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V4</b>	PV-Anlage
<b>V5</b>	Hydraulischer Abgleich

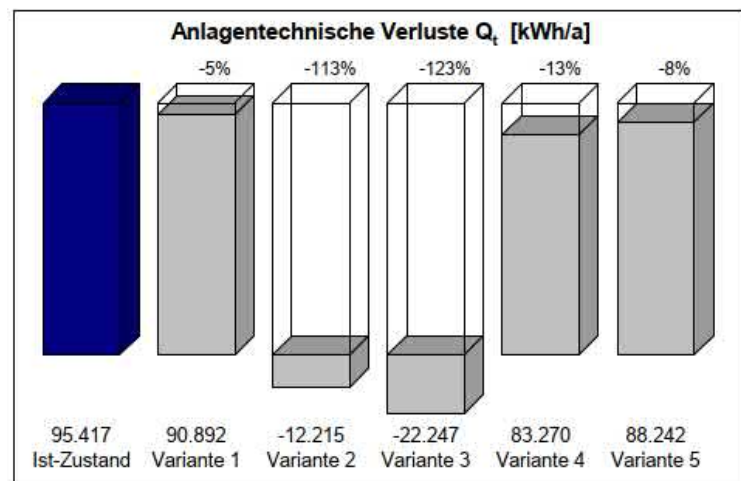


Abbildung 64 Erzielbare Einsparungen in den Anlagentechnischen Verlusten

Anlagentechnische Verluste $Q_t$ :	
<b>V1</b>	LED-Leuchten
<b>V2</b>	L/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V3</b>	S/W Wärmepumpe + Gaskessel
<b>V4</b>	PV-Anlage
<b>V5</b>	Hydraulischer Abgleich

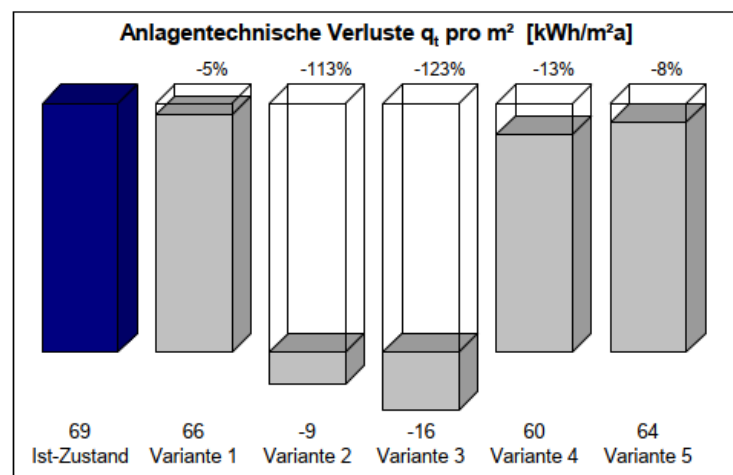


Abbildung 65 Erzielbare Einsparungen in den Anlagentechnischen Verlusten pro  $m^2$

### 3.6 Brennstoffkosten

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

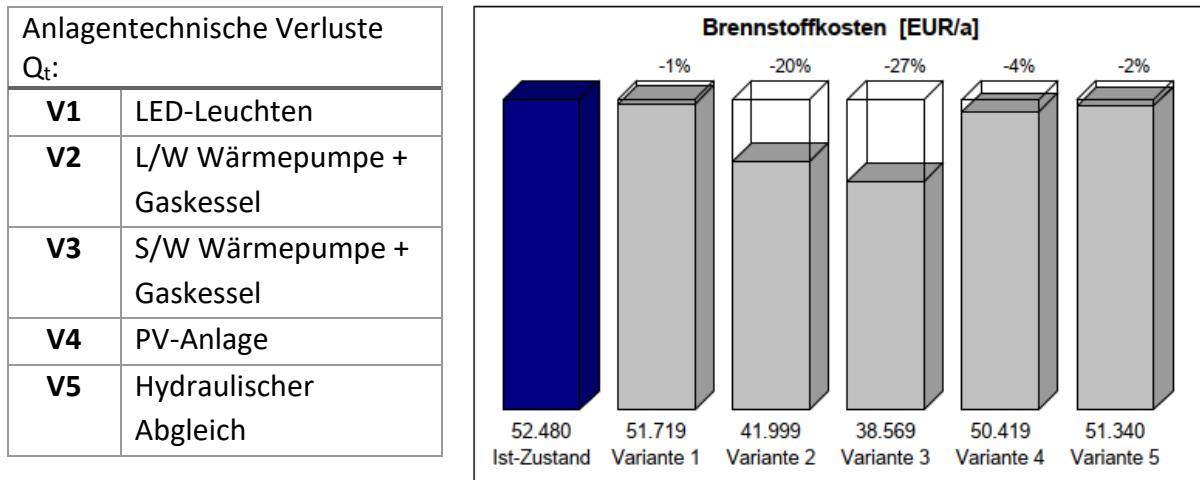


Abbildung 66 Brennstoffkosten

#### 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	<u>Variante 5:</u> Hydraulischer Abgleich
<b>Investkosten (brutto)</b> abzgl. Förderung BEG EM	<b>13.244,-</b>	<b>59.738,-</b>	<b>81.217,-</b>	<b>29.750,-</b>	<b>2.761,-</b>
<b>Energiekosten:</b>					
1 Jahr (brutto)	51.719,-	41.999,-	38.569,-	50.419,-	51.340,-
15 Jahre (brutto)	<b>775.785,-</b>	<b>628.985,-</b>	<b>578.535,-</b>	<b>756.285,-</b>	<b>770.100,-</b>
<b>Wartungskosten</b>					
1 Jahr (brutto)	0,-	1000,-	1.200,-	600,-	0,-
15 Jahre (brutto)	<b>0,-</b>	<b>15.000,-</b>	<b>18.000,-</b>	<b>9.000,-</b>	<b>0,-</b>
Summe Kosten (brutto)					
1 Jahr (brutto)	51.719,-	42.999,-	39.769,-	51.019,-	51.340,-
15 Jahre (brutto)	<b>775.785,-</b>	<b>644.985,-</b>	<b>596.535,-</b>	<b>765.285,-</b>	<b>770.100,-</b>
<b>Gesamtkosten (brutto)</b> inkl. Investkosten abzgl. Förderung 15 Jahre	<b>789.029,-</b>	<b>704.723,-</b>	<b>677.752,-</b>	<b>795.035,-</b>	<b>772.861,-</b>
<b>Amortisation (Jahre)</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>2</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: 1.000, Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 59.738, Euro brutto). Wartungskosten in Höhe von 1,7 Prozent pro Jahr der Investitionskosten.

Für die Sanierungsvariante 3 werden folgende Wartungskosten angenommen: - Sole-Wasser-Wärmepumpe und Gaskessel: 1.200, Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 81.217 Euro brutto). Wartungskosten in Höhe von 1,5 Prozent pro Jahr der Investitionskosten.

Für die Sanierungsvariante 4 werden folgende Wartungskosten angenommen: Photovoltaik-Anlage (ca. 10 kWp): 600 Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 29.750 Euro. Wartungskosten in Höhe von 2,0 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 fünf 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 den Einbau einer Hybridanlage (Luft-Wasser-Wärmepumpe und Gaskessel oder Sole-Wasser-Wärmepumpe und Gaskessel) reduziert sich die Brennstoffkosten um ca. 20 bis 26%. In etwa 6 Jahren, statisch berechnet, sollte die Maßnahme (Variante 2 oder 3) amortisiert sein.