

Energieberatungsbericht

für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599



Gebäude: Sekundarschule und Gesamtschule
Bauteil B
Wirtsmühler Str. 12
42929 Wermelskirchen

Auftragsgeber: Stadt Wermelskirchen
Telegrafenstr. 29-33
42929 Wermelskirchen

Berater: EBL² 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	23
1.2.4 Nutzungszonen	26
1.2.5 Energiebilanz.....	32
1.2.6 Bewertung des Gebäudes	35
1.2.7 Empfohlene Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudes	35
2. Energetische Sanierungskonzepte.....	37
2.1 Variante 1: LED-Leuchten.....	37
2.1.1 Einsparung.....	37
2.1.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen.....	39
2.1.3 Schätz-Investition €:.....	39
2.2 Variante 2: Dachboden-Dämmung	40
2.2.1 Einsparung.....	40
2.2.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen.....	43
2.2.3 Schätz-Investition €:.....	43
2.3 Variante 3: Luft-Wasser-Wärmepumpe + Brennwert-Kessel (2011)	44
2.3.1 Einsparung.....	44
2.3.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen.....	47
2.3.3 Schätz-Investition €:.....	47
2.4 Variante 4: Sole-Wasser-Wärmepumpe + Brennwert-Kessel (Bestand 2011).....	48
2.4.1 Einsparung.....	49
2.4.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen.....	51
2.4.3 Schätz-Investition €:.....	51
2.5 Variante 5: PV-Anlage	52
2.5.1 Einsparung.....	54
2.5.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen.....	56
2.5.3 Schätz-Investition €:.....	56

3. Erzielbare Einsparungen durch die energetische Sanierung	57
3.1 Endenergiebedarf	57
3.2 Primärenergiebedarf	58
3.3 Nutzenergiebedarf.....	59
3.4 Schadstoff-Emissionen	60
3.5 Anlagentechnische Verluste	62
3.6 Brennstoffkosten	63
3.7 Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen 1-5	64
4. Erläuterungen zur Wirtschaftlichkeit	65
6. Fazit	66

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 LAGEPLAN	13
ABBILDUNG 2 ANSICHT OSTEN	14
ABBILDUNG 3 ANSICHT NORD-OSTEN	14
ABBILDUNG 4 ANSICHT NORDEN 1	15
ABBILDUNG 5 ANSICHT NORDEN 2	15
ABBILDUNG 6 ANSICHT SÜDEN	16
ABBILDUNG 7 ABBILDUNG 6 DURCHGANG ZWISCHEN GEBÄUDE A UND B.....	16
ABBILDUNG 8 AUßENWANDDÄMMUNG	18
ABBILDUNG 9 FENSTER AUS DEM BAUJAHR 2011.....	18
ABBILDUNG 10 DACHBODEN 3D MODEL	19
ABBILDUNG 11 DACHBODEN	19
ABBILDUNG 12 ANLAGENTECHNIK	20
ABBILDUNG 14 HEIZUNGSREGLER	21
ABBILDUNG 13 BELEUCHTUNG	21
ABBILDUNG 15 HEIZKÖRPER	22
ABBILDUNG 16 LÜFTUNGSANLAGE.....	22
ABBILDUNG 17 3D-MODELL 1	23
ABBILDUNG 18 3D-MODELL 2	23
ABBILDUNG 19 3D-MODELL 3	24
ABBILDUNG 20 3D-MODELL 4	24
ABBILDUNG 21 3D-MODELL RÄUME.....	25
ABBILDUNG 22 ZONIERUNG KG	27
ABBILDUNG 23 ZONIERUNG EG	28
ABBILDUNG 24 ZONIERUNG OG1.....	29
ABBILDUNG 25 ZONIERUNG OG2.....	30
ABBILDUNG 26 ZONIERUNG OG3.....	31
ABBILDUNG 27 IST-ZUSTAND VERLUSTE-GEWINNE	32
ABBILDUNG 28 ENERGIEVERBRAUCH BESTAND	33
ABBILDUNG 29 ENERGIEBILANZ (IST-ZUSTAND).....	34
ABBILDUNG 30 BRENNSTOFF-BEDARF (IST-ZUSTAND).....	34
ABBILDUNG 31 EMISSIONEN (IST-ZUSTAND).....	35

ABBILDUNG 32 GESAMTBEWERTUNG - PRIMÄRENERGIEBEDARF	35
ABBILDUNG 33 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 1)	37
ABBILDUNG 34 LED-LEUCHTEN	37
ABBILDUNG 35 ENERGIEBILANZ VARIANTE 1	38
ABBILDUNG 36 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 1)	38
ABBILDUNG 37 EMISSIONEN (VARIANTE 1)	39
ABBILDUNG 38 DACHBODEN & BEISPIEL DER DÄMMUNG	40
ABBILDUNG 39 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 2)	41
ABBILDUNG 40 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 2)	41
ABBILDUNG 41 EMISSIONEN (VARIANTE 2)	41
ABBILDUNG 42 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 2)	42
ABBILDUNG 43 BEISPIEL EINER WÄRMEPUMPE	44
ABBILDUNG 44 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 3)	45
ABBILDUNG 45 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 3)	45
ABBILDUNG 46 EMISSIONEN (VARIANTE 3)	45
ABBILDUNG 47 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 3)	46
ABBILDUNG 48 SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE SCHEMA	48
ABBILDUNG 49 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 4)	49
ABBILDUNG 50 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 4)	49
ABBILDUNG 51 EMISSIONEN (VARIANTE 4)	50
ABBILDUNG 52 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 4)	50
ABBILDUNG 53 STROMPREISENTWICKLUNG 2015-2022	52
ABBILDUNG 54 PV-ERTRAG	53
ABBILDUNG 55 BEISPIEL PV-ANLAGE	54
ABBILDUNG 56 GESAMTBEWERTUNG (VARIANTE 5)	54
ABBILDUNG 57 BRENNSTOFF-BEDARF (VARIANTE 5)	55
ABBILDUNG 58 EMISSIONEN (VARIANTE 5)	55
ABBILDUNG 59 ENERGIEBILANZ (VARIANTE 5)	55
ABBILDUNG 60 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM ENDENERGIEBEDARF	57
ABBILDUNG 61 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM ENDENERGIEBEDARF PRO M ²	57
ABBILDUNG 62 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM PRIMÄRENERGIEBEDARF	58
ABBILDUNG 63 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM PRIMÄRENERGIEBEDARF PRO M ²	58

ABBILDUNG 64 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM NUTZENERGIEBEDARF	59
ABBILDUNG 65 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM NUTZENERGIEBEDARF PRO M ²	59
ABBILDUNG 66 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN	60
ABBILDUNG 67 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN PRO M ²	60
ABBILDUNG 68 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN STICKSTOFFOXID -EMISSIONEN	61
ABBILDUNG 69 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN SCHWEFELDIOXID -EMISSIONEN	61
ABBILDUNG 70 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN DEN ANLAGENTECHNISCHEN VERLUSTEN ..	62
ABBILDUNG 71 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN DEN ANLAGENTECHNISCHEN VERLUSTEN PRO M ²	62
ABBILDUNG 72 BRENNSTOFFKOSTEN	63

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 ALLGEMEINE ANGABEN ZUM GEBÄUDE	13
TABELLE 2 U-WERTE	17
TABELLE 3 ANLAGENTECHNIK	20
TABELLE 4 ZONEN NACH DIN V 18599	26
TABELLE 5 ENERGIEVERBRAUCH 2020-2022.....	33
TABELLE 6 SANIERUNGSFAHRPLAN MAßNAHMEN	36
TABELLE 7 WIRTSCHAFTLICHKEIT	64

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

CO ₂	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

Einheiten

a	Jahr
cm	Zentimeter
° C	Grad Celsius
h	Stunde
K	Kelvin
kWh	Kilowattstunde
kWp	Nennleistung Photovoltaik-Anlage
MWh	Megawattstunde
m ²	Quadratmeter
m ³	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 CO₂ freigesetzt. Die dabei entstehende Menge an CO₂ 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 CO₂ und bei der Erzeugung von Strom in Großkraftwerken für jede beim Endverbraucher entnommene kWh etwa 700 g CO₂ emittiert. Auch regenerative Brennstoffe emittieren bei der Verbrennung CO₂. 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.

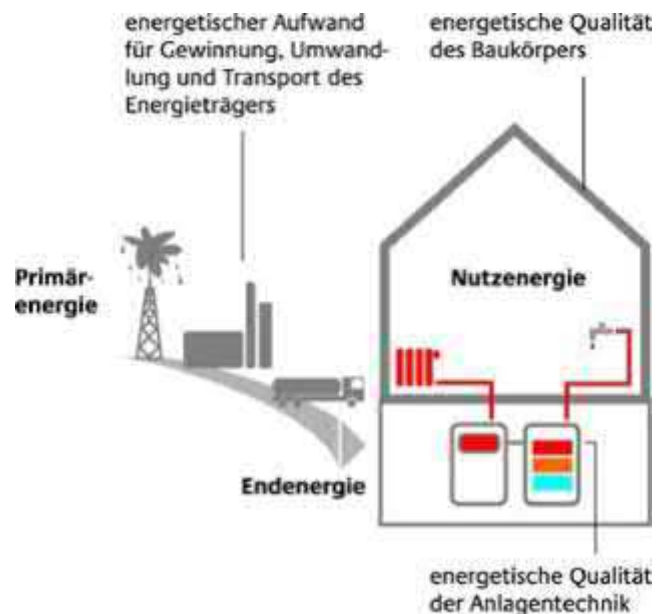
Die bis Ende 2020 gültige Fassung der EnEV von 2013 stellt Anforderungen an den Wärmeschutz, an heizungstechnische Anlagen und Warmwasseranlagen, sowie an den nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs von Gebäuden.

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, Berechnungsverfahren 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 Wärmedurchgangskoeffizient – 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 und Gesamtschule Fachräume Leitung Sekundarschule
Baujahr	Ca. 1980
Lage	halbfreie Lage
Hauptnutzung	Schulgebäude
Bauweise	Massivbauweise
Vollgeschosse	3
Nettogrundfläche	3007,7 m ²
Gebäudevolumen	12901,3 m ³



Abbildung 1 Lageplan

Ansichten:



Abbildung 2 Ansicht Osten



Abbildung 3 Ansicht Nord-Osten



Abbildung 4 Ansicht Norden 1



Abbildung 5 Ansicht Norden 2



Abbildung 6 Ansicht Süden



Abbildung 7 Durchgang zwischen Gebäude A und B

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/m²K)	U_{max} GEG *	U_{max} BEG **
<i>Außenwände</i>	0,23	0,24	0,20
<i>Fenster</i>	1,30	1,30	0,95
<i>Außentüren</i>	1,30	1,30	1,30
<i>Dachboden</i>	0,60	0,20	0,14
<i>Bodenplatte</i>	0,80	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 $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

**) 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/m²K.

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 0,80 W/m²K nach EnEV 1979-1983 - Boden gegen Erdreich, Stahlbeton massiv.

1.2.1.3 Fenster und Türen:



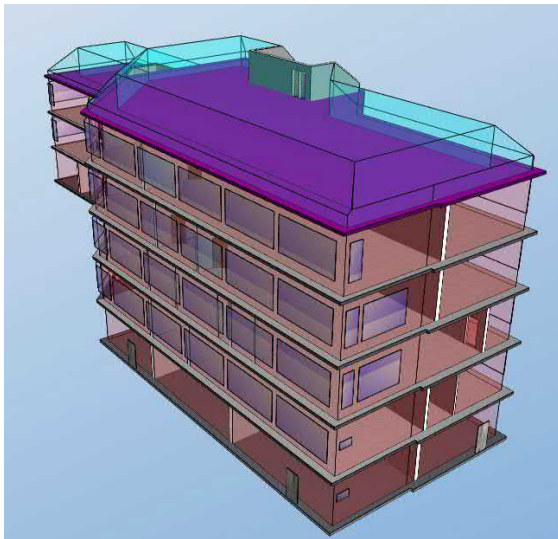
Die Fenster und Türen mit Zwei-Scheibenverglasungen wurden im Jahr 2010 montiert. Ihre Lebenszyklus beträgt 25 bis 50 Jahre*.

Sie wurden in der Bilanzierung mit einem U-Wert von 1,3 W/km² nach der EnEV 2009 berechnet:

* Quelle: BTE-Lebensdauer katalog

Abbildung 9 Fenster aus dem Baujahr 2011

1.2.1.4 Dachboden:



Die Systemgrenze im Gebäude liegt im Dachgeschossboden. Dieser verfügt über keinerlei Wärmedämmung und ist aus einer unbekannten Konstruktionsweise errichtet. Dieser Bauteil wurde mit dem folgenden Parameter bilanziert:

U-Wert 0,60 W/m²K nach EnEV 1969-1978 -
Massive Decke

Abbildung 10 Dachboden 3d Model



Abbildung 11 Dachboden

1.2.2 Anlagentechnik

Das Gebäude wird mit einem Brennwert-Kessel aus 2011 versorgt. Die Nennleistung des Brennwert-Kessels beträgt ca. 297 kW. In der Tabelle 3 ist die Wärmeerzeugung detailliert erläutert.

Die Beleuchtung besteht aus stabförmigen EVG-Leuchtstofflampen.

Tabelle 3 Anlagentechnik

Wärmeerzeugung (Heizung + Warmwasser)	
Art (Baujahr)	Brennwert-Kessel (2011)
Leistung	Brennwert-Kessel (297 kW) (Heizlast ca. 30kW)
Brennstoff	Erdgas
Übergabe	Heizkörper 70/55°C
Regelung	P-Regler
Warmwasserspeicher	vorhanden



Abbildung 12 Anlagentechnik



Abbildung 14 Beleuchtung



Abbildung 13 Heizungsregler



Abbildung 15 Heizkörper



Abbildung 16 Lüftungsanlage

1.2.3 Modelberechnung nach DIN EN 18599



Abbildung 17 3D-Modell 1

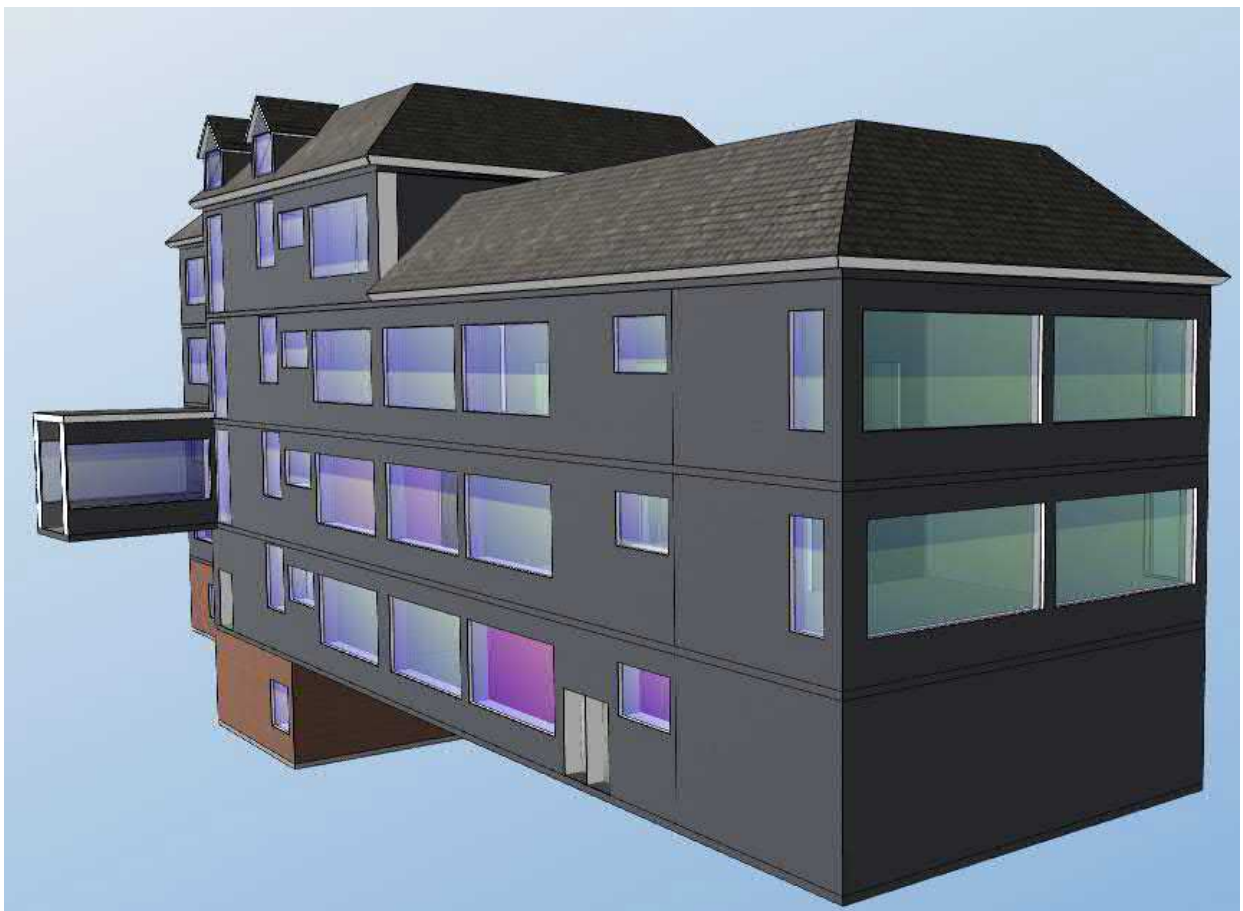


Abbildung 18 3D-Modell 2

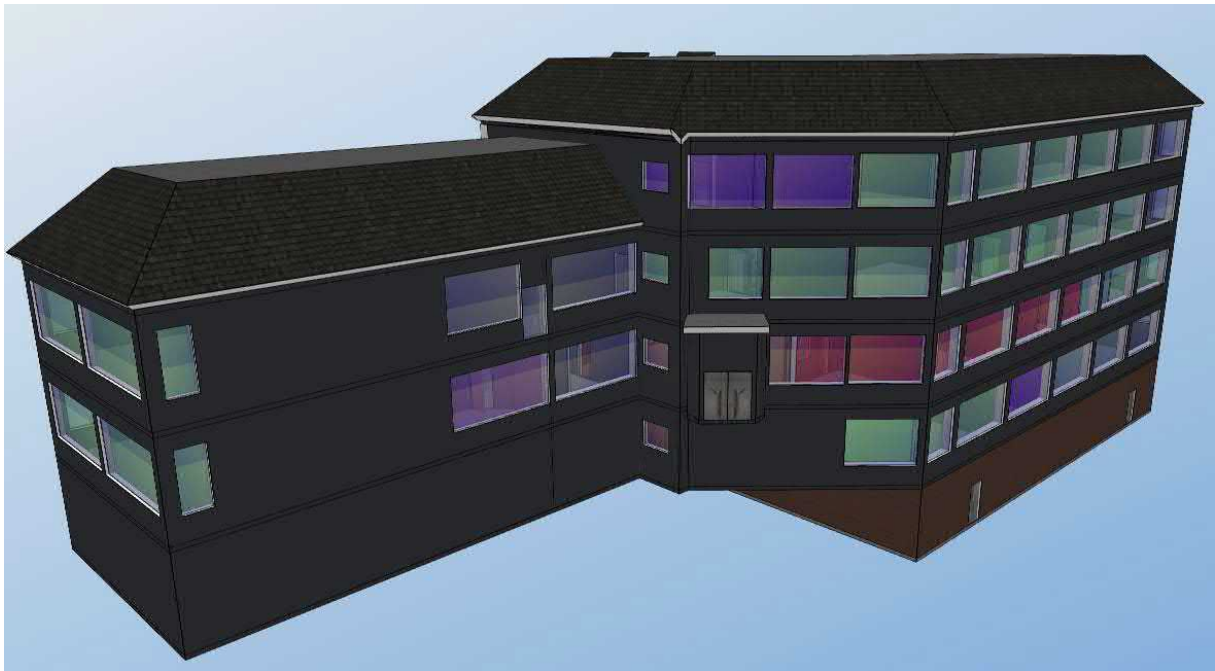


Abbildung 19 3D-Modell 3



Abbildung 20 3D-Modell 4

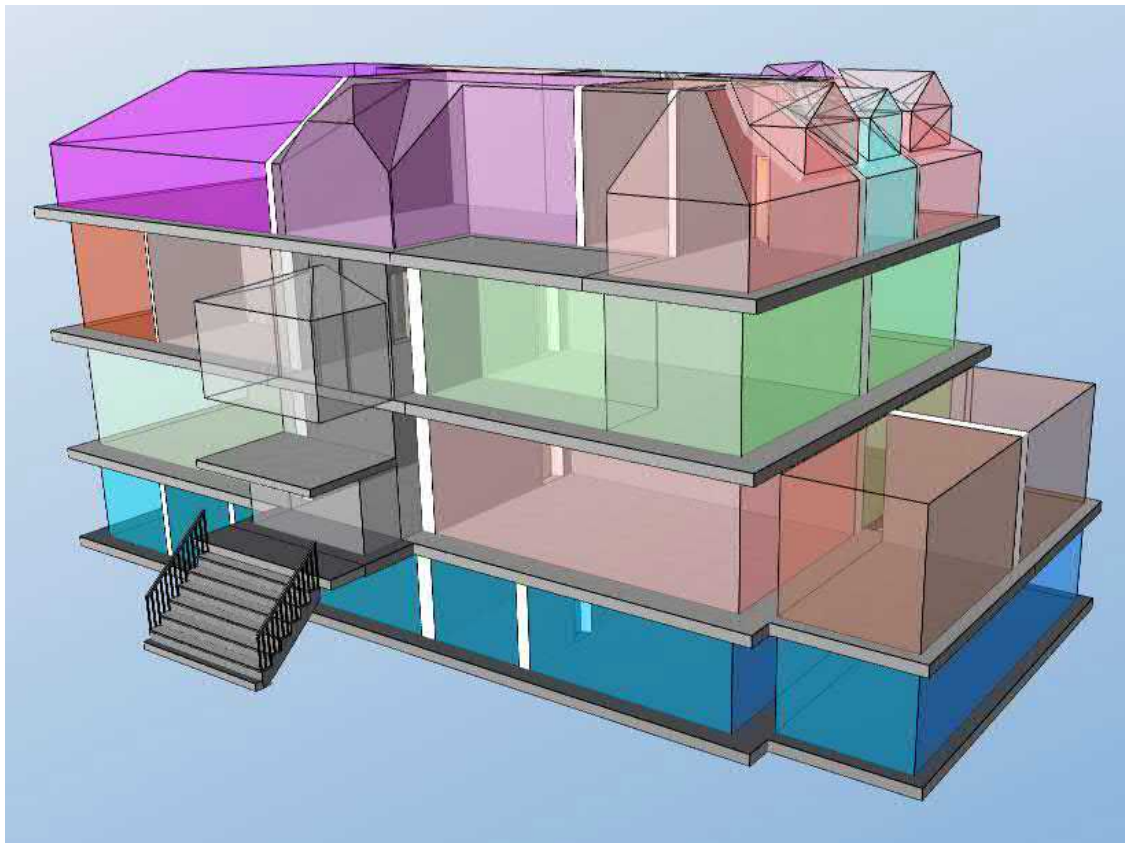


Abbildung 21 3D-Modell Räume

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	Klassenzimmer (Schule)	794,38	26,41	1032,78	Heizung + Beleuchtung
2	Einzelbüro	84,18	2,80	77,13	Heizung + Beleuchtung
3	WC und Sanitärräume	67,54	2,25	132,55	Heizung + Beleuchtung
4	Verkehrsfläche	503,68	16,75	689,29	Heizung + Beleuchtung
5	Besprechung/Sitzungszimmer	37,10	1,23	36,34	Heizung + Beleuchtung
6	Gruppenbüro	163,25	5,43	158,19	Heizung + Beleuchtung
7	Lager	292,65	9,73	595,94	Heizung + Beleuchtung
8	Sonstige Aufenthaltsräume	287,93	9,57	170,52	Heizung + Beleuchtung
9	Mensa	249,87	8,31	131,83	Heizung + Beleuchtung
10	Nebenflächen ohne Aufenthaltsraum	103,53	3,44	147,04	Heizung + Beleuchtung
11	unbeheizte Zone	(642,02)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
12	Klassenzimmer (Lüftung)	251,90	8,37	282,43	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
13	Forum (Lüftung)	44,95	1,49	84,06	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
14	Schülercafe (Lüftung)	125,80	4,18	233,22	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
		Σ 3007,75		Σ 3771,32	

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

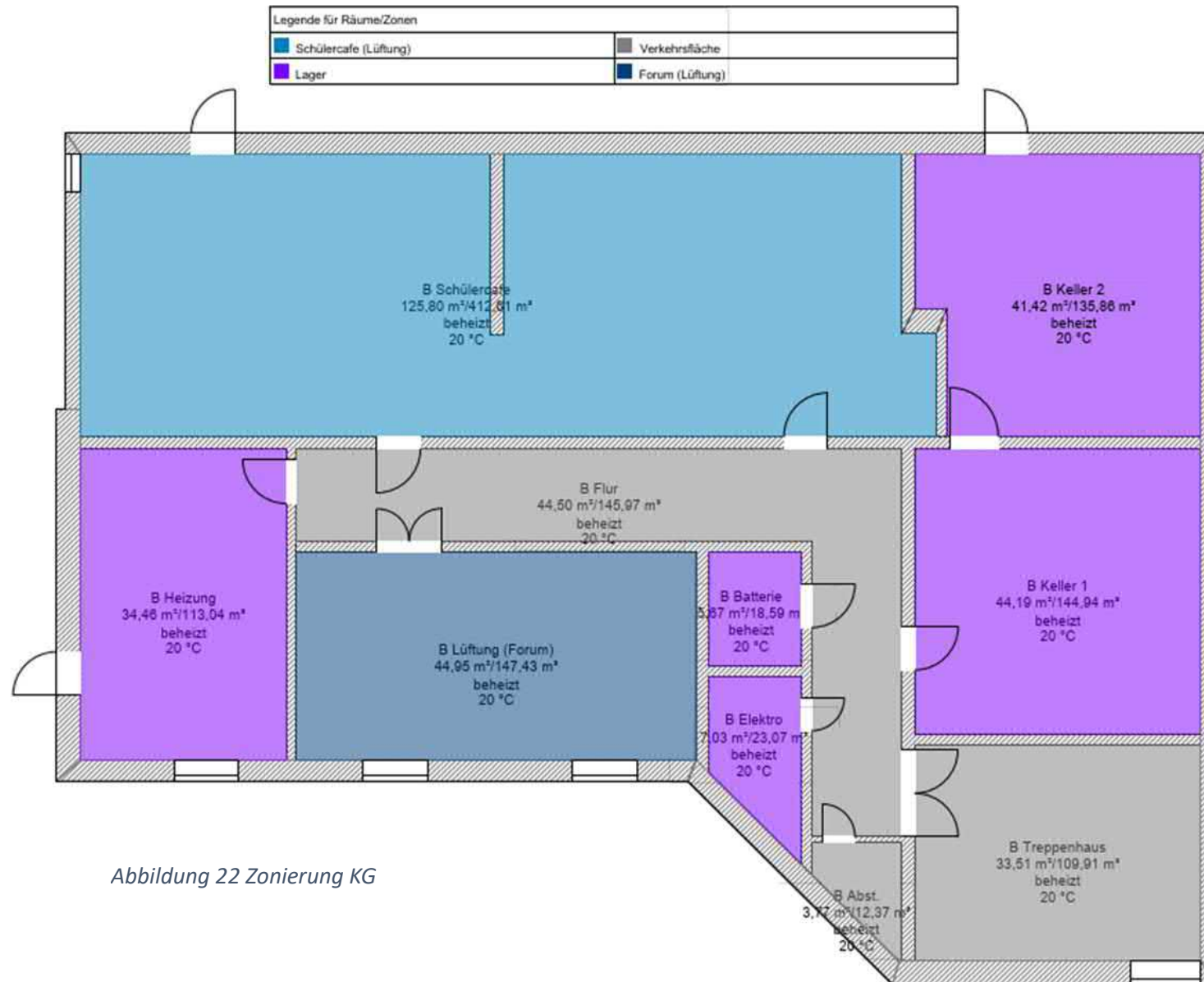


Abbildung 22 Zonierung KG

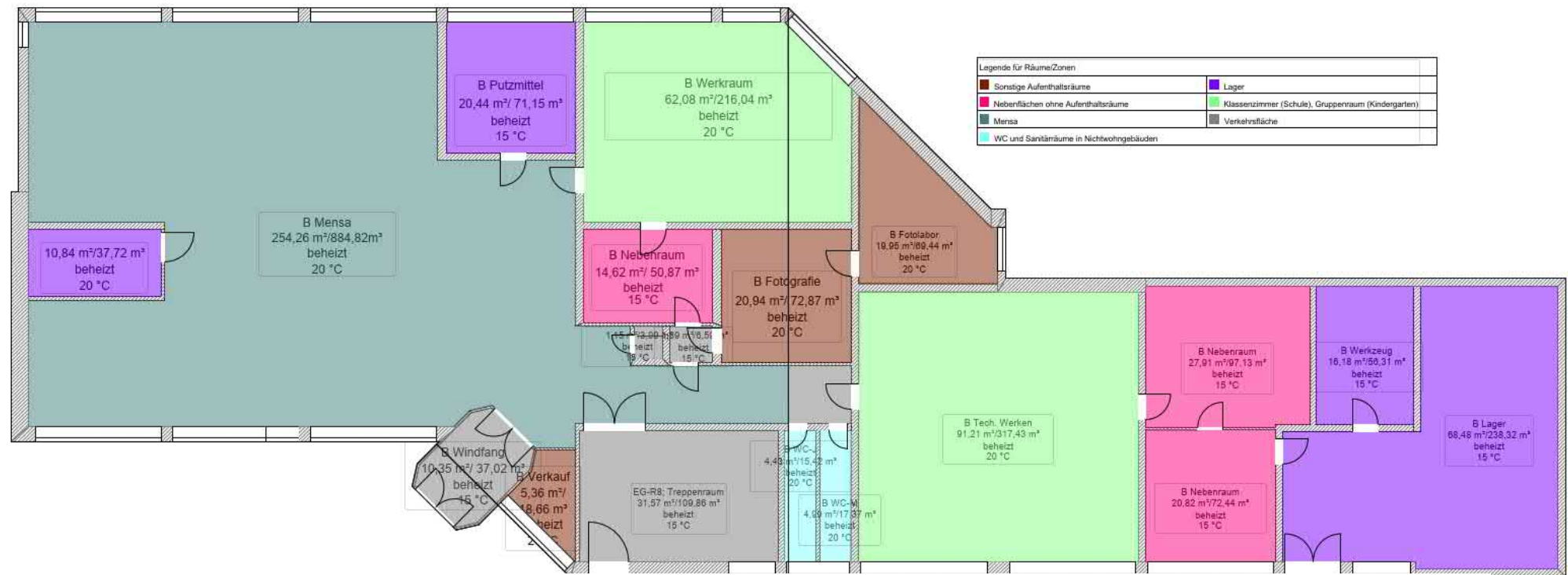


Abbildung 23 Zonierung EG

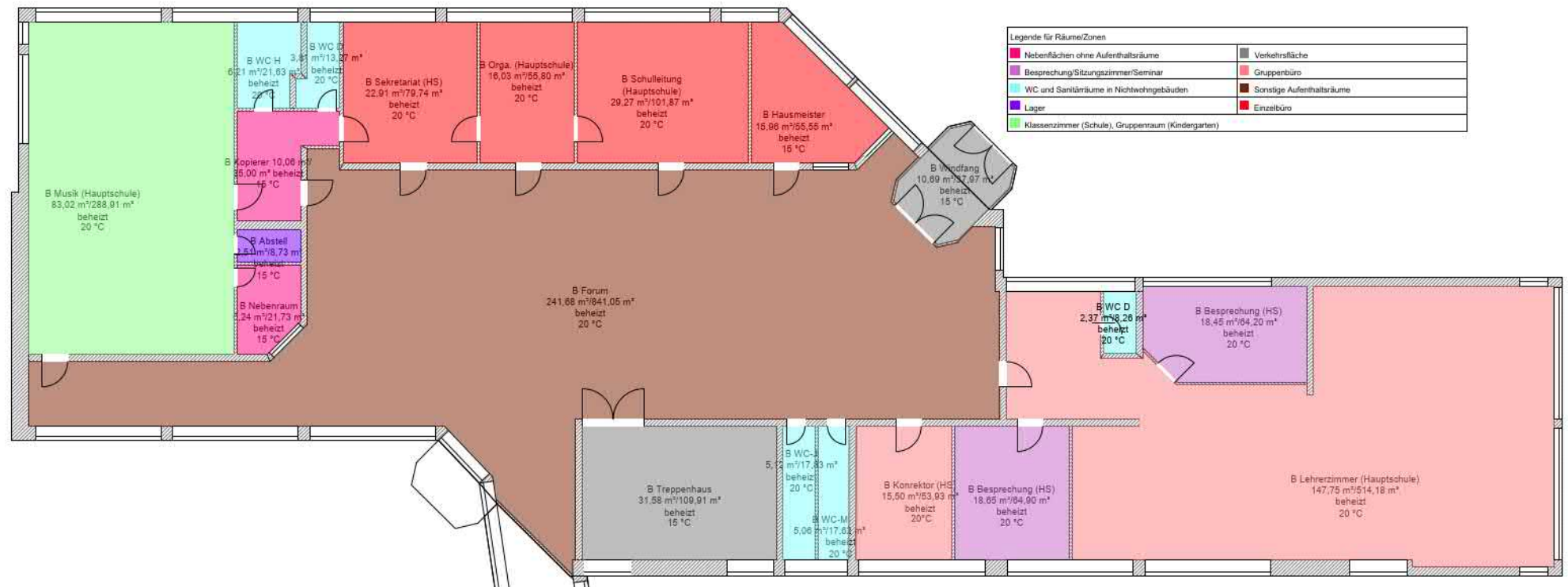


Abbildung 24 Zonierung OG1

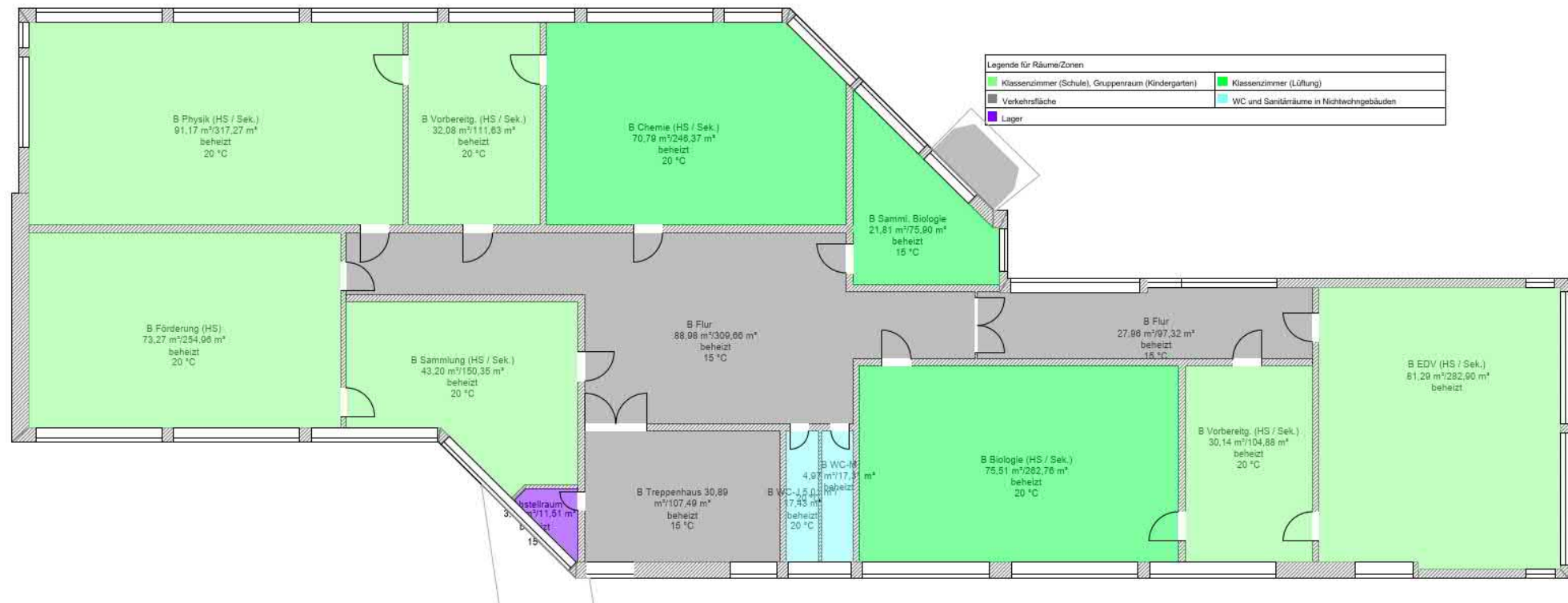


Abbildung 25 Zonierung OG2

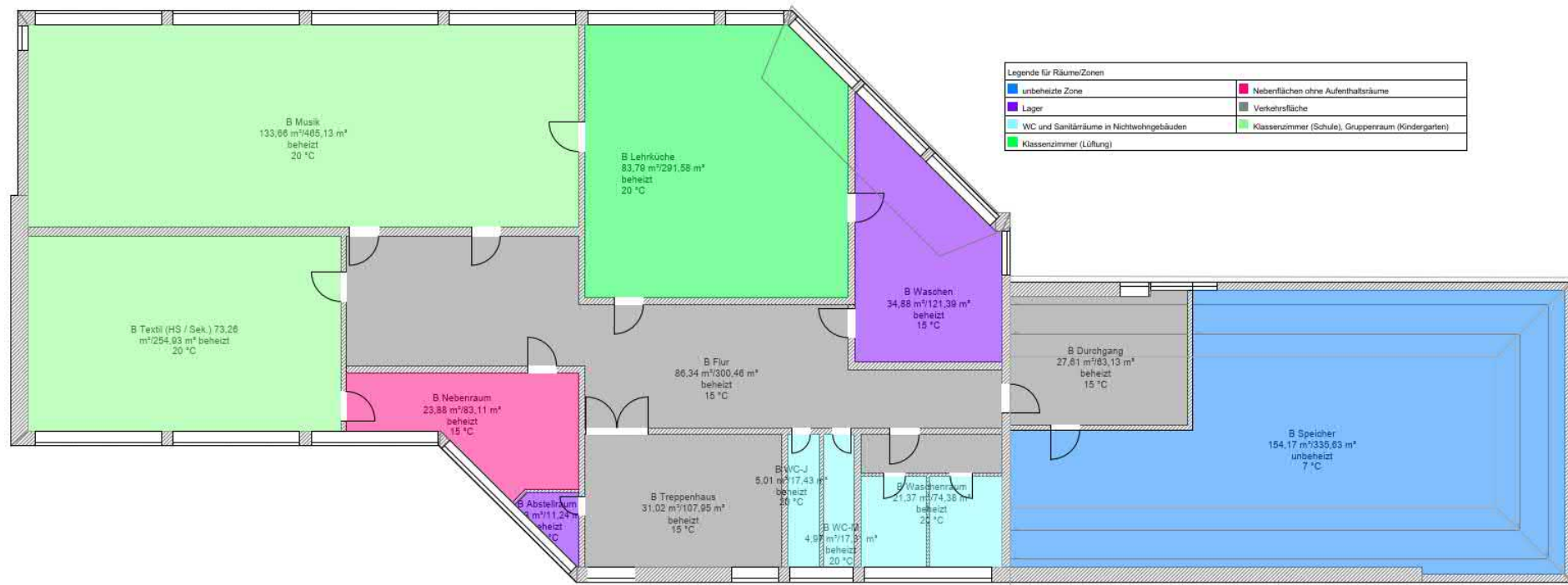


Abbildung 26 Zonierung OG3

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.

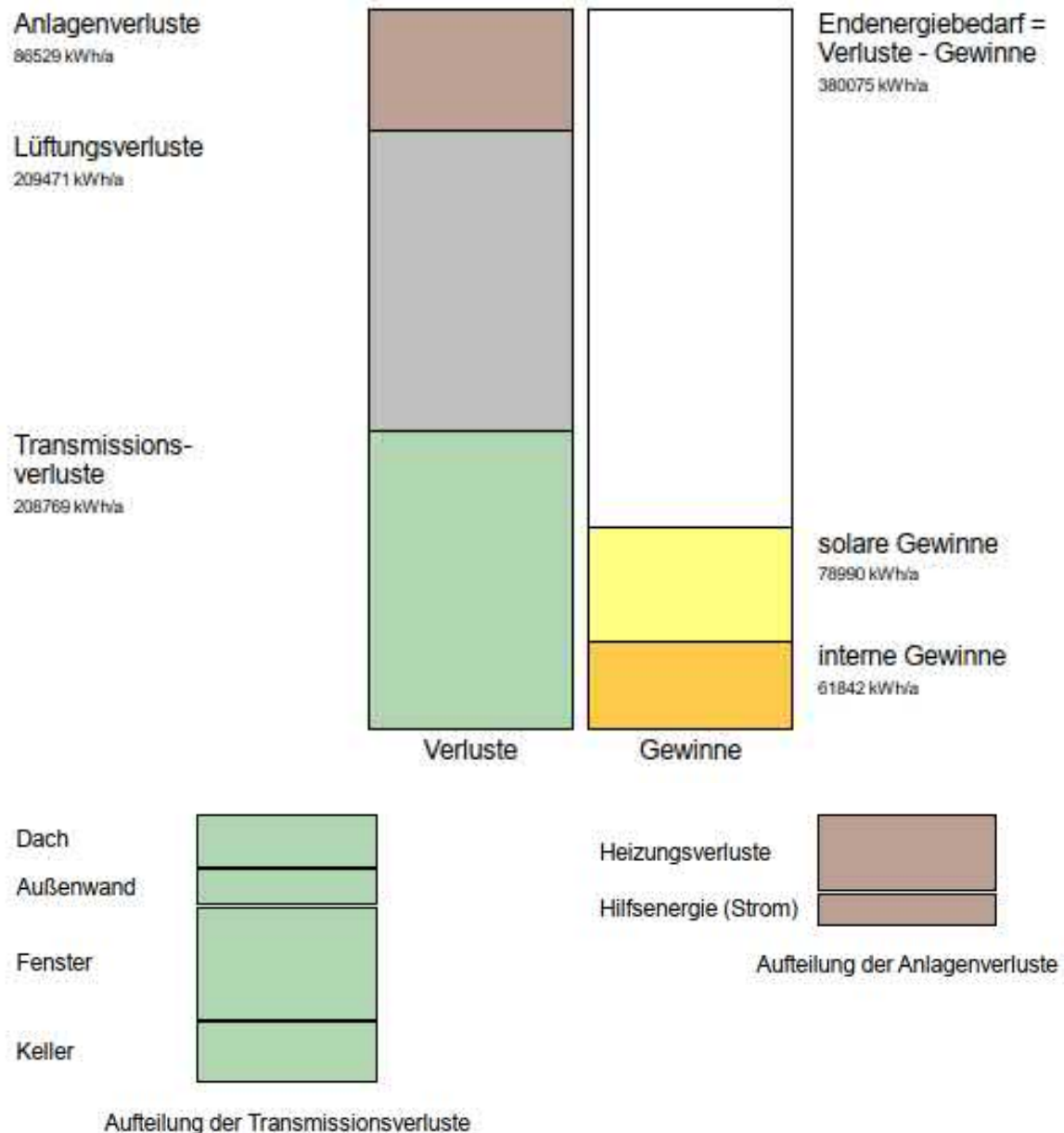


Abbildung 27 Ist-Zustand Verluste-Gewinne

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.

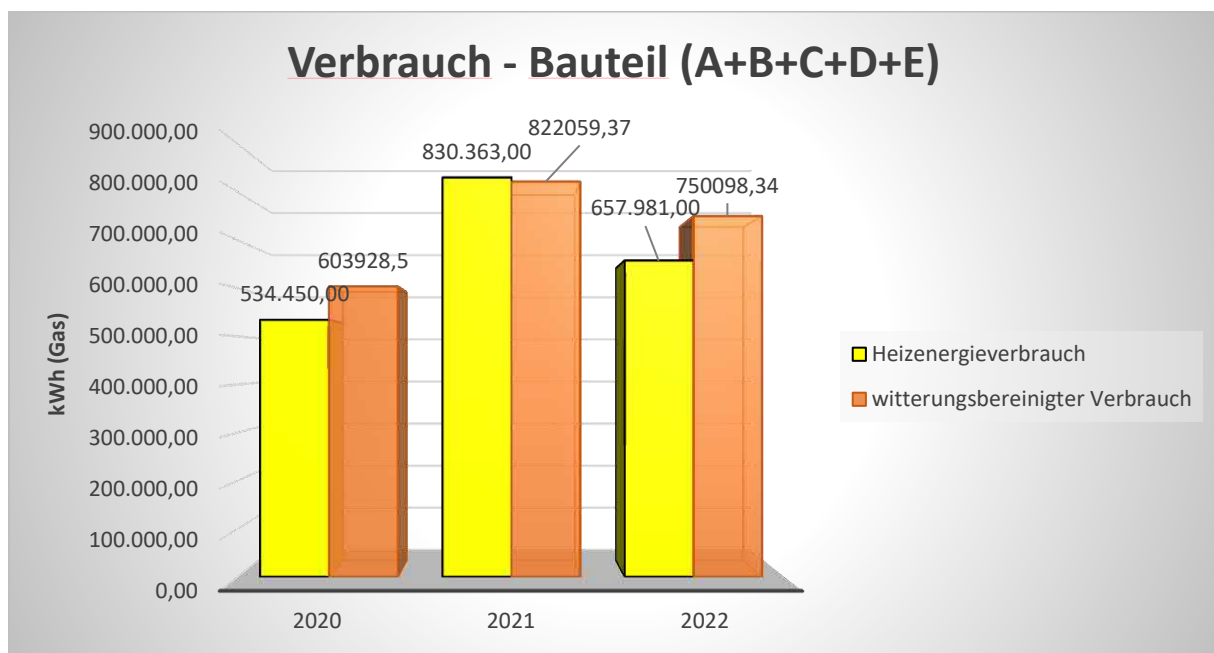


Abbildung 28 Energieverbrauch Bestand

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	290280	277408	0	0	12872	0
	96,51	92,23	0	0	4,28	0
Endenergie	380075	356695	0	2339	21041	0
	126,37	118,59	0	0,78	7,00	0
Primärenergie	396674	354589	0	4211	37875	0
	131,88	117,89	0	1,40	12,59	0

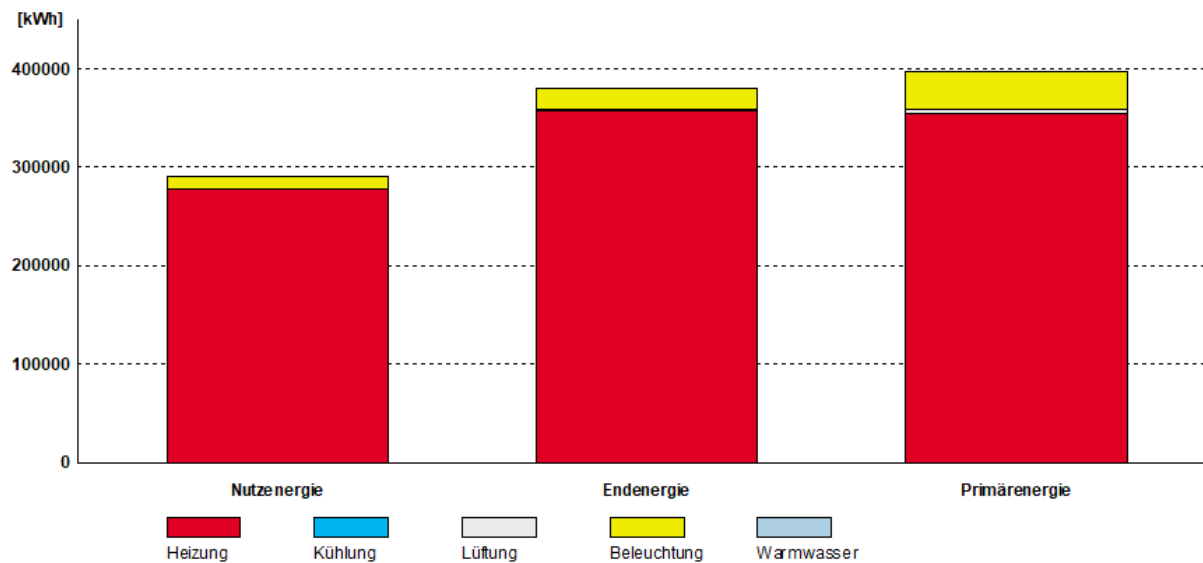


Abbildung 29 Energiebilanz (Ist-Zustand)

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E 30.721 m³

Strom (Hilfsenergie) 24.750 kWh

Energiekosten (inkl. Betriebskosten) 65.449 €

Abbildung 30 Brennstoff-Bedarf (Ist-Zustand)

Emission

CO₂-Emissionen	90.687 kg	<div></div>
SO₂-Emissionen	77,75 kg	<div></div>
NO_x-Emissionen	78,45 kg	<div></div>

Abbildung 31 Emissionen (Ist-Zustand)

1.2.6 Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 185 kWh/m²a.

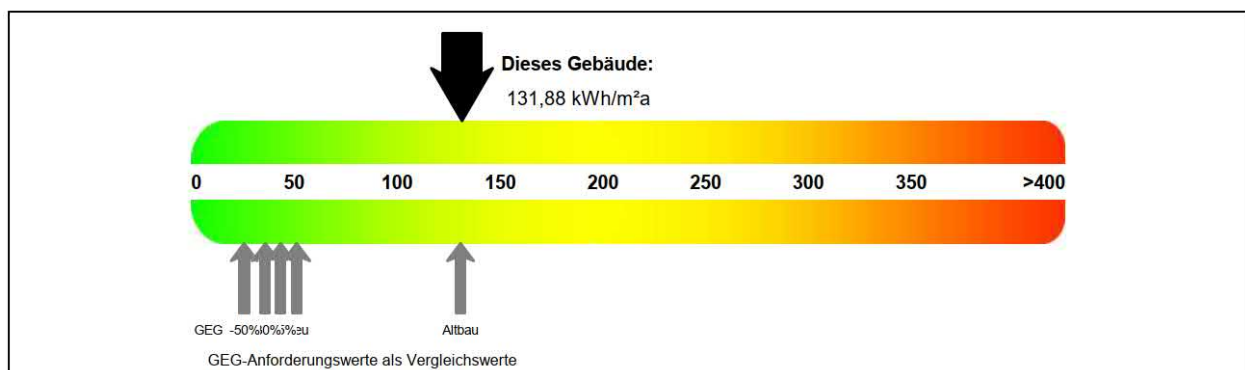


Abbildung 32 Gesamtbewertung - Primärenergiebedarf

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
V1	LED-Beleuchtung
V2	Dachboden-Dämmung
V3	Luft-Wasser-Wärmepumpe + Brennwert-Kessel (Bestand 2011)
V4	Sole-Wasser-Wärmepumpe + Brennwert-Kessel (Bestand 2011)
V5	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 der Beleuchtung von 21.041 kWh/Jahr reduziert sich auf 11.152 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 9.889 kWh/Jahr bei der Beleuchtung, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.652 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 129 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.



Abbildung 34 LED-Leuchten

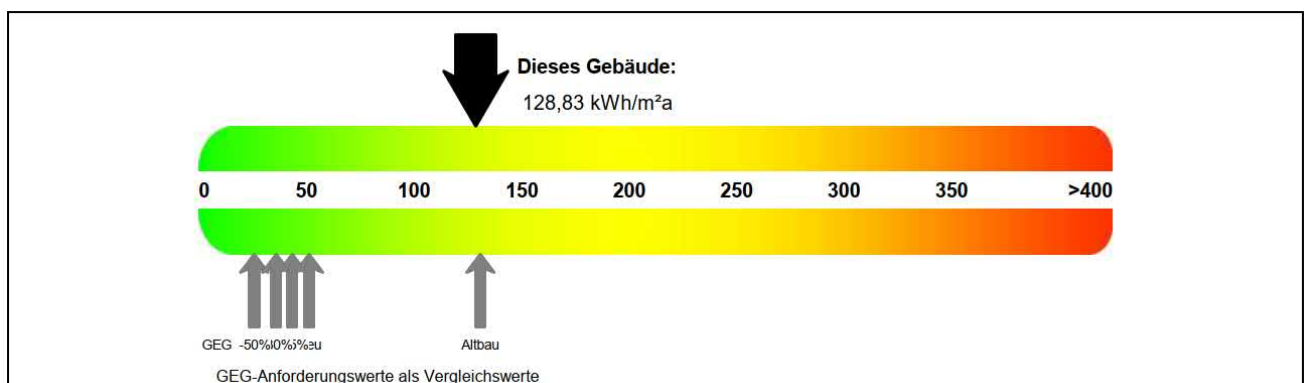


Abbildung 33 Gesamtbewertung (Variante 1)

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	290766	283944	0	0	6822	0
	96,67	94,40	0	0	2,27	0
Endenergie	378840	365349	0	2339	11152	0
	125,95	121,47	0	0,78	3,71	0
Primärenergie	387484	363200	0	4211	20074	0
	128,83	120,75	0	1,40	6,67	0

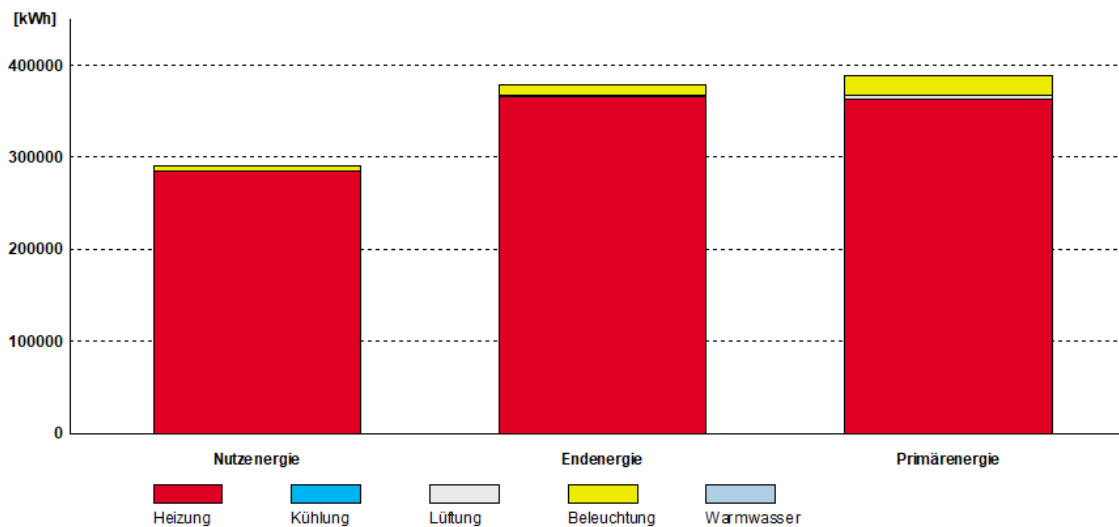


Abbildung 35 Energiebilanz Variante 1

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	30.721 m³		+2 %
	31.466 m³		+745 m³
Strom (Hilfsenergie)	24.750 kWh		-40 %
	14.903 kWh		-9.847 kWh
Energiekosten (inkl. Betriebskosten)	65.449 €		-3 %
	63.479 €		-1.970 €

Erdgas: 16 Cent/kWh (brutto)

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)

Abbildung 36 Brennstoff-Bedarf (Variante 1)

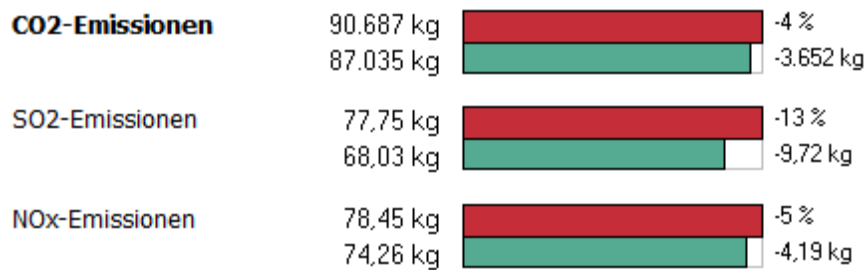
Emission

Abbildung 37 Emissionen (Variante 1)

2.1.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Zu beantragen sind Fördermittel für folgende Effizienzmaßnahmen:

- Beleuchtungsumrüstung ¹
- ggf. gewünschte Baubegleitung ²

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

² KfW: 50% der Baubegleitung

2.1.3 Schätz-Investition €:

• Ca. 113 Lampen 36 W – 200 €/Stck	22.800,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	5.700,-
Summe netto € ca.:	28.500
<u>Mögliche Fördersumme (20 %)</u>	<u>4.560,-</u>
<u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u>	23.940,-
<u>inkl. MwSt. € ca.:</u>	<u>28.488,-</u>

2.2 Variante 2: Dachboden-Dämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Dämmung des Dachbodens mit 6 cm WLK 035 Dämmung.

Die Dachbodendämmung trägt maßgeblich zur Steigerung der Energieeffizienz bei, indem sie Wärmeverluste minimiert und so die Heizkosten reduziert.



Abbildung 38 Dachboden & Beispiel der Dämmung

2.2.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 5 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 380.075 kWh/Jahr reduziert sich auf 362.557 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 17.518 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.590 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 126 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

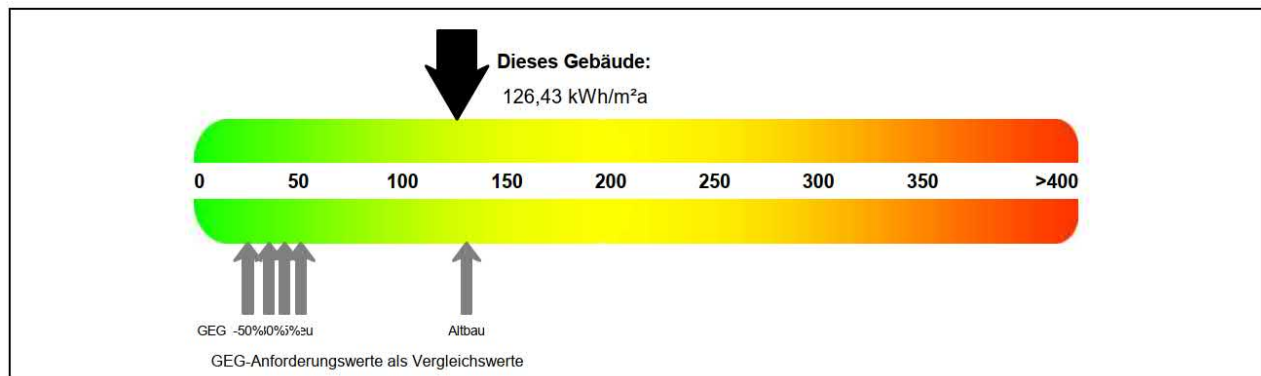


Abbildung 39 Gesamtbewertung (Variante 2)

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	30.721 m³	<div><div></div></div>	-5 %
	29.298 m³	<div><div></div></div>	-1.423 m³
Strom (Hilfsenergie)	24.750 kWh	<div><div></div></div>	
	24.696 kWh	<div><div></div></div>	
Energiekosten (inkl. Betriebskosten)	65.449 €	<div><div></div></div>	-4 %
	62.796 €	<div><div></div></div>	-2.653 €

Abbildung 40 Brennstoff-Bedarf (Variante 2)

Emission

Gas: 16 Cent/kWh (brutto)

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)

CO2-Emissionen	90.687 kg	<div><div></div></div>	-4 %
	87.097 kg	<div><div></div></div>	-3.590 kg
SO2-Emissionen	77,75 kg	<div><div></div></div>	-3 %
	75,37 kg	<div><div></div></div>	-2,39 kg
NOx-Emissionen	78,45 kg	<div><div></div></div>	-4 %
	75,45 kg	<div><div></div></div>	-3,00 kg

Abbildung 41 Emissionen (Variante 2)

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	277196	264325	0	0	12872	0
	92,16	87,88	0	0	4,28	0
Endenergie	363557	340176	0	2339	21041	0
	120,87	113,10	0	0,78	7,00	0
Primärenergie	380261	338176	0	4211	37875	0
	126,43	112,43	0	1,40	12,59	0

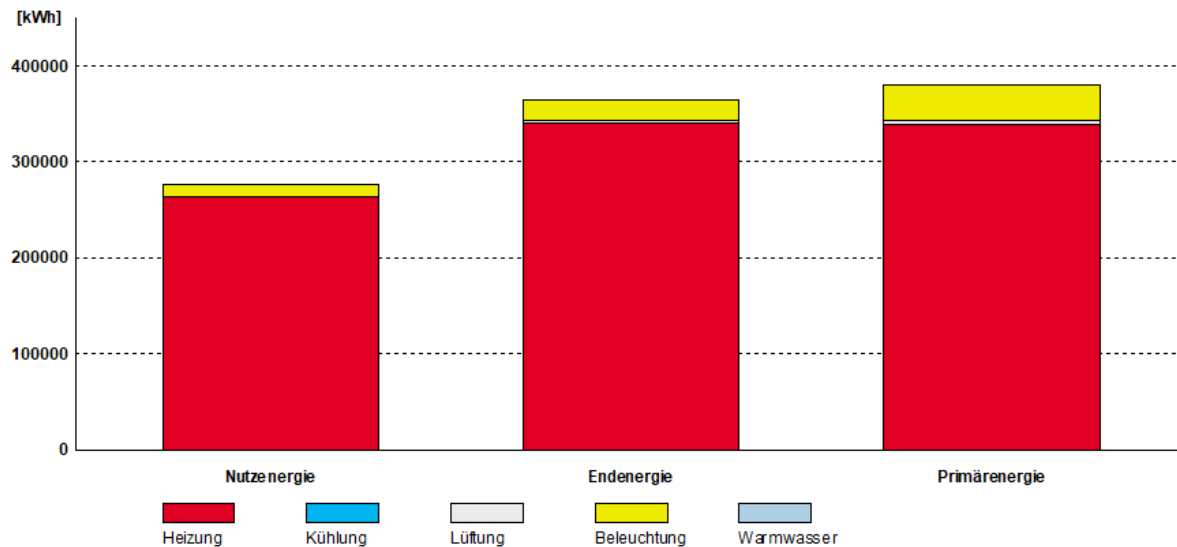


Abbildung 42 Energiebilanz (Variante 2)

2.2.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Zu beantragen sind Fördermittel für folgende Effizienzmaßnahmen:

- Heizungsoptimierung ¹
- ggf. gewünschte Baubegleitung ²

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

² KfW: 50% der Baubegleitung

2.2.3 Schätz-Investition €:

• 6 cm Dachbodendämmung WLG 035 ca. 700m ² (60€/m ²)	42.000,-
• Baunebenkosten Ing. netto: (20% Förderung)	<u>10.500,-</u>
Summe netto € ca.:	52.500,-
<u>Mögliche Fördersumme (20 %)</u>	<u>8.400,-</u>
<u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u>	<u>44.100,-</u>
<u>inkl. MwSt. € ca.:</u>	<u>52.479,-</u>

2.3 Variante 3: Luft-Wasser-Wärmepumpe + Brennwert-Kessel (2011)

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Luft-Wasser-Wärmepumpe mit dem Brennwert-Kessel aus dem Bestand.

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



Abbildung 43 Beispiel einer Hybridanlage

2.3.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 30 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 380.075 kWh/Jahr reduziert sich auf 269.010 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 111.065 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 9.271 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 107 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

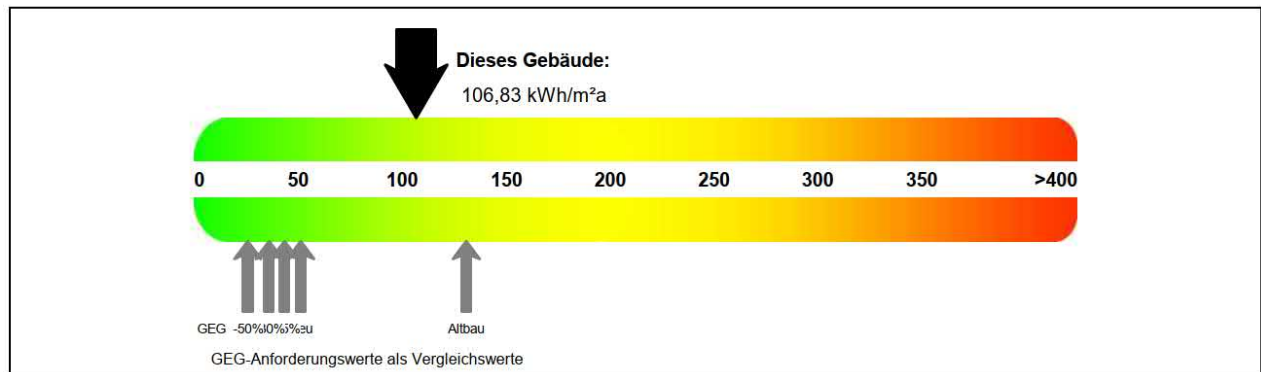


Abbildung 44 Gesamtbewertung (Variante 3)

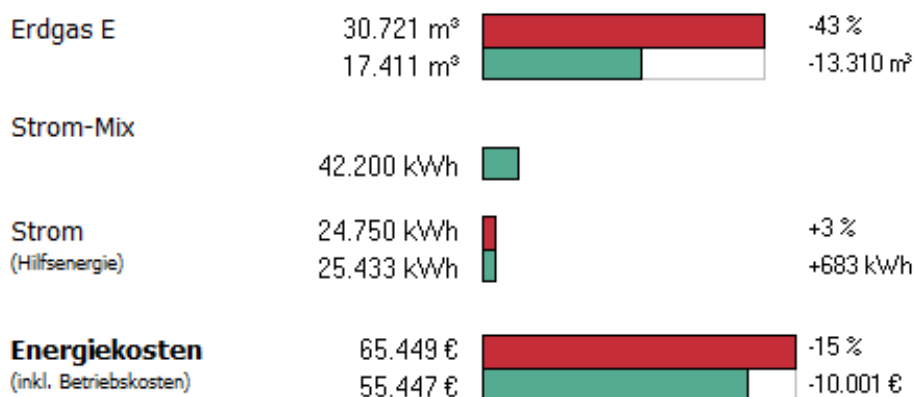
Brennstoff-Bedarf

Abbildung 45 Brennstoff-Bedarf (Variante 3)

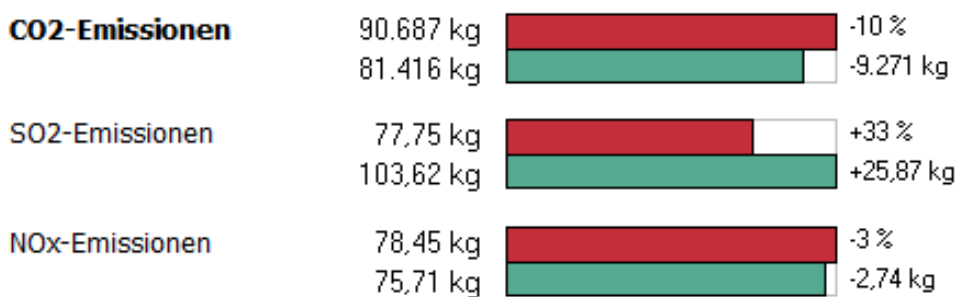
Emission

Abbildung 46 Emissionen (Variante 3)

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	291034	278162	0	0	12872	0
	96,76	92,48	0	0	4,28	0
Endenergie	269010	245629	0	2339	21041	0
	89,44	81,67	0	0,78	7,00	0
Primärenergie	321302	279217	0	4211	37875	0
	106,83	92,83	0	1,40	12,59	0

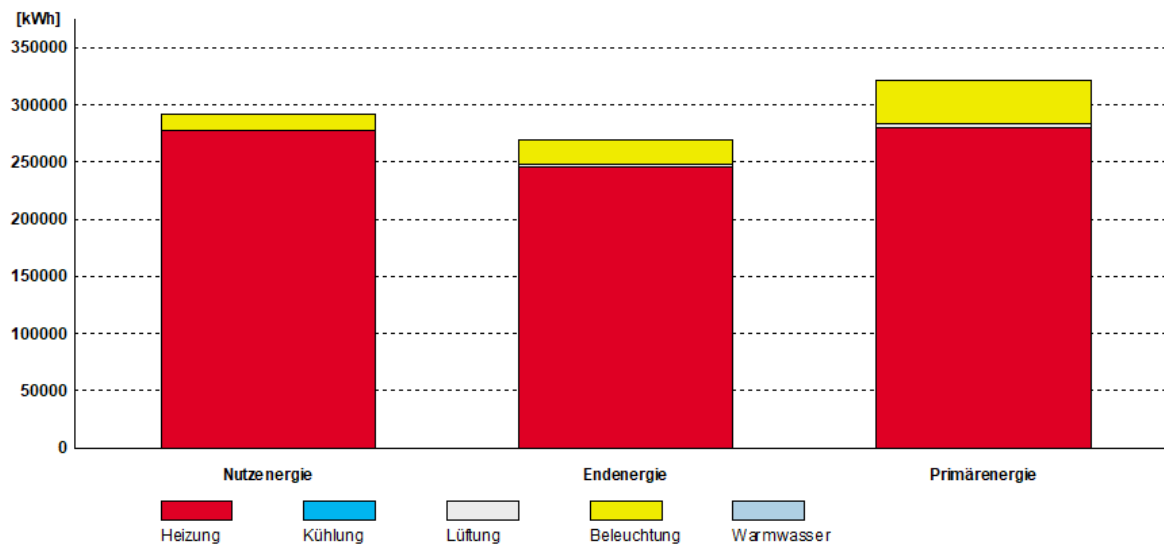


Abbildung 47 Energiebilanz (Variante 3)

2.3.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Zu beantragen sind Fördermittel für folgende Effizienzmaßnahmen:

- Wärmepumpen ¹
- ggf. gewünschte Baubegleitung ²

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

² KfW: 50% der Baubegleitung

2.3.3 Schätz-Investition €:

• Luft-Wasser-Wärmepumpe 24,5 kW (Anteil Leistung für B)	38.000,-
• Magnetit Schlammfang 400 l	6.500,-
• MSR Umbau	2.000,-
• Installation und Zubehör	10.000,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	<u>14.125,-</u>
Summe netto € ca.:	70.625,-
<u>Mögliche Fördersumme (30 %)</u>	<u>16.950,-</u>
<u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u>	<u>53.675,-</u>
<u>inkl. MwSt. € ca.:</u>	<u>63.873,-</u>

2.4 Variante 4: Sole-Wasser-Wärmepumpe + Brennwert-Kessel (Bestand 2011)

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Sole-Wasser-Wärmepumpe mit dem Brennwert-Kessel aus dem Bestand.

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, dass 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 Satz in verschiedenen Klimazonen und bietet eine nachhaltige Möglichkeit, Gebäude zu beheizen.

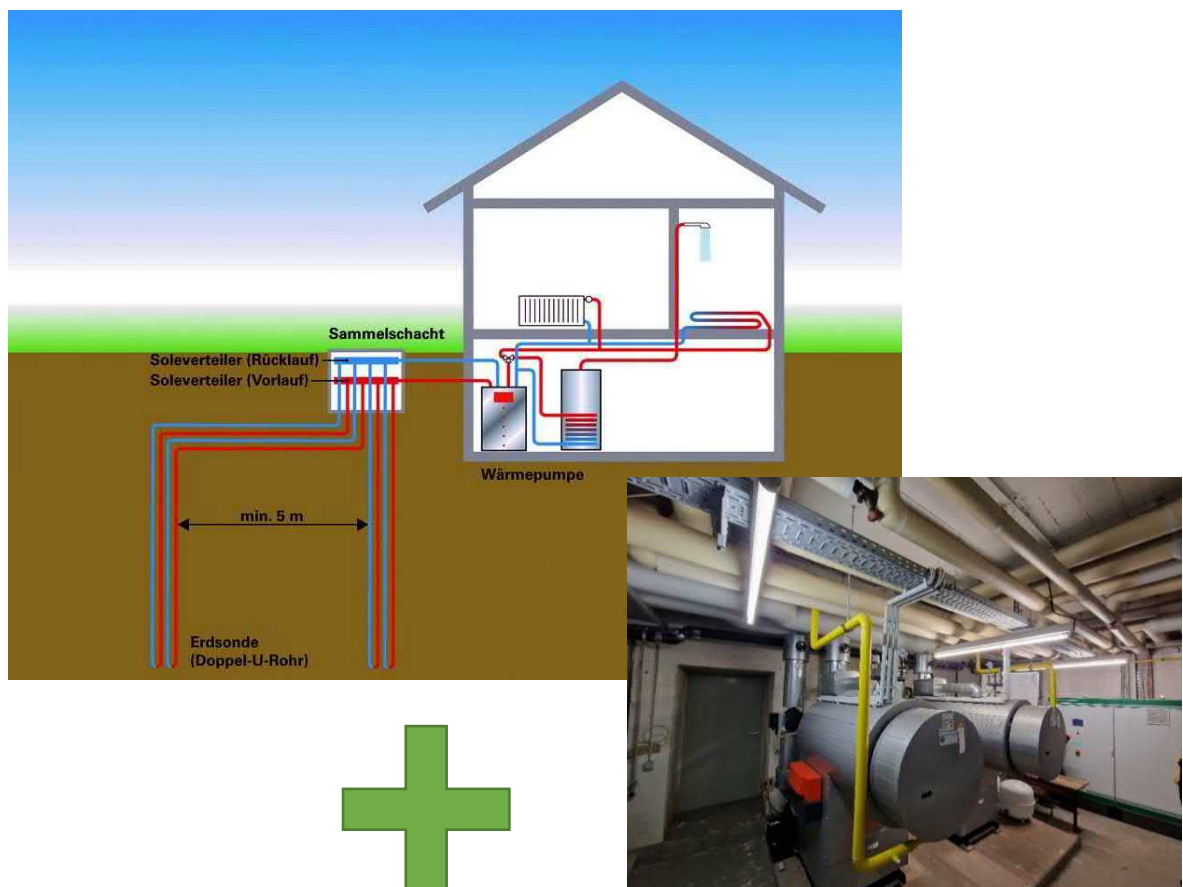


Abbildung 48 Sole-Wasser-Wärmepumpe + Gasheizung

2.4.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 33 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 380.075 kWh/Jahr reduziert sich auf 254.448 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 125.627 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 13.199 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 101,42 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

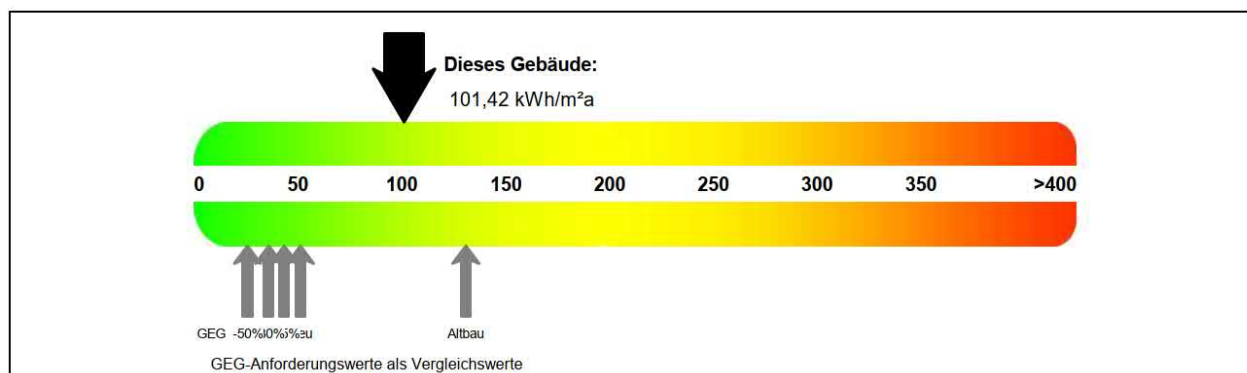


Abbildung 49 Gesamtbewertung (Variante 4)

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	30.721 m³	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: red;"></div>	-47 %
	16.348 m³		-14.373 m³
Strom-Mix	32.235 kWh	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: green;"></div>	
Strom (Hilfsenergie)	24.750 kWh	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: red;"></div>	+34 %
	33.131 kWh		+8.382 kWh
Energiekosten (inkl. Betriebskosten)	65.449 €	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: red;"></div>	-19 %
	52.710 €		-12.739 €

Abbildung 50 Brennstoff-Bedarf (Variante 4)

Emission

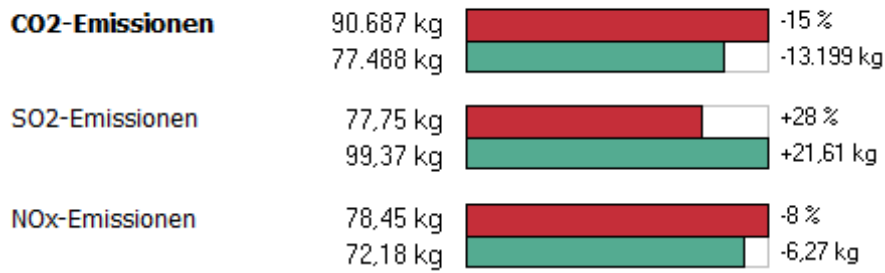


Abbildung 51 Emissionen (Variante 4)

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	291034	278162	0	0	12872	0
	96,76	92,48	0	0	4,28	0
Endenergie	254448	231068	0	2339	21041	0
	84,60	76,82	0	0,78	7,00	0
Primärenergie	305038	262953	0	4211	37875	0
	101,42	87,43	0	1,40	12,59	0

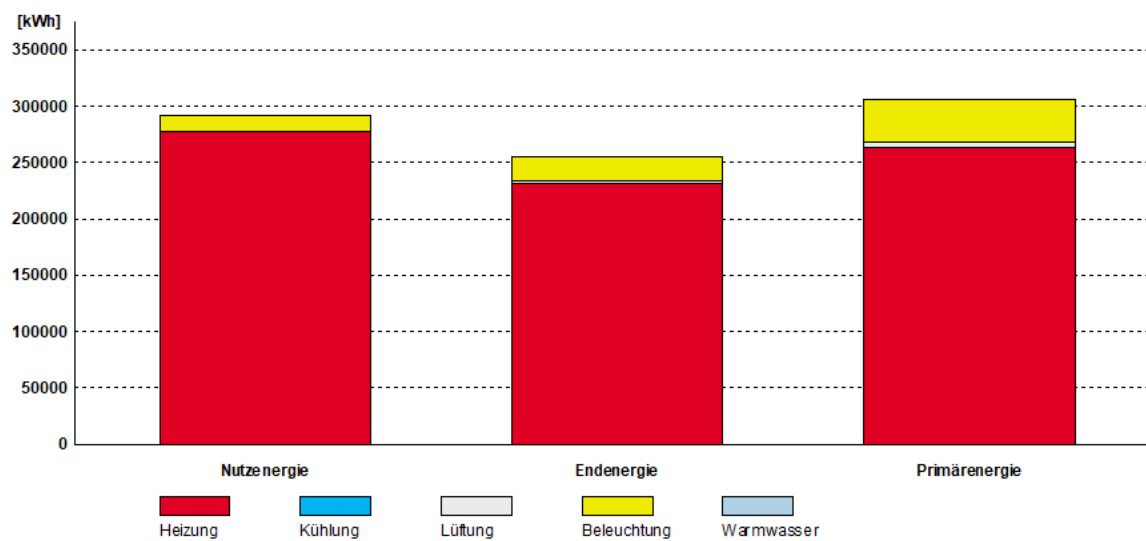


Abbildung 52 Energiebilanz (Variante 4)

2.4.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Zu beantragen sind Fördermittel für folgende Effizienzmaßnahmen:

- Wärmepumpen ¹
- ggf. gewünschte Baubegleitung ²

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

² KfW: 50% der Baubegleitung

2.4.3 Schätz-Investition €:

• Sole-Wasser-Wärmepumpe 24,4 kW (Anteil Leistung für B)	19.000,-
• Bohrung ca. 4 Stück inkl. Verrohrung	32.000,-
• Installation und Zubehör	10.000,-
• Magnetit Schlammfang 400 l	6.500,-
• MSR Umbau	2.000,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	<u>17.375,-</u>
Summe netto € ca.:	86.875,-
<u>Mögliche Fördersumme (30 %)</u>	<u>20.850,-</u>
<u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u>	<u>66.025,-</u>
<u>inkl. MwSt. € ca.:</u>	<u>78.569,-</u>

2.5 Variante 5: 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 53 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 erneuerbaren Energien nach GEG / BEG – monatsweise Verrechnung.

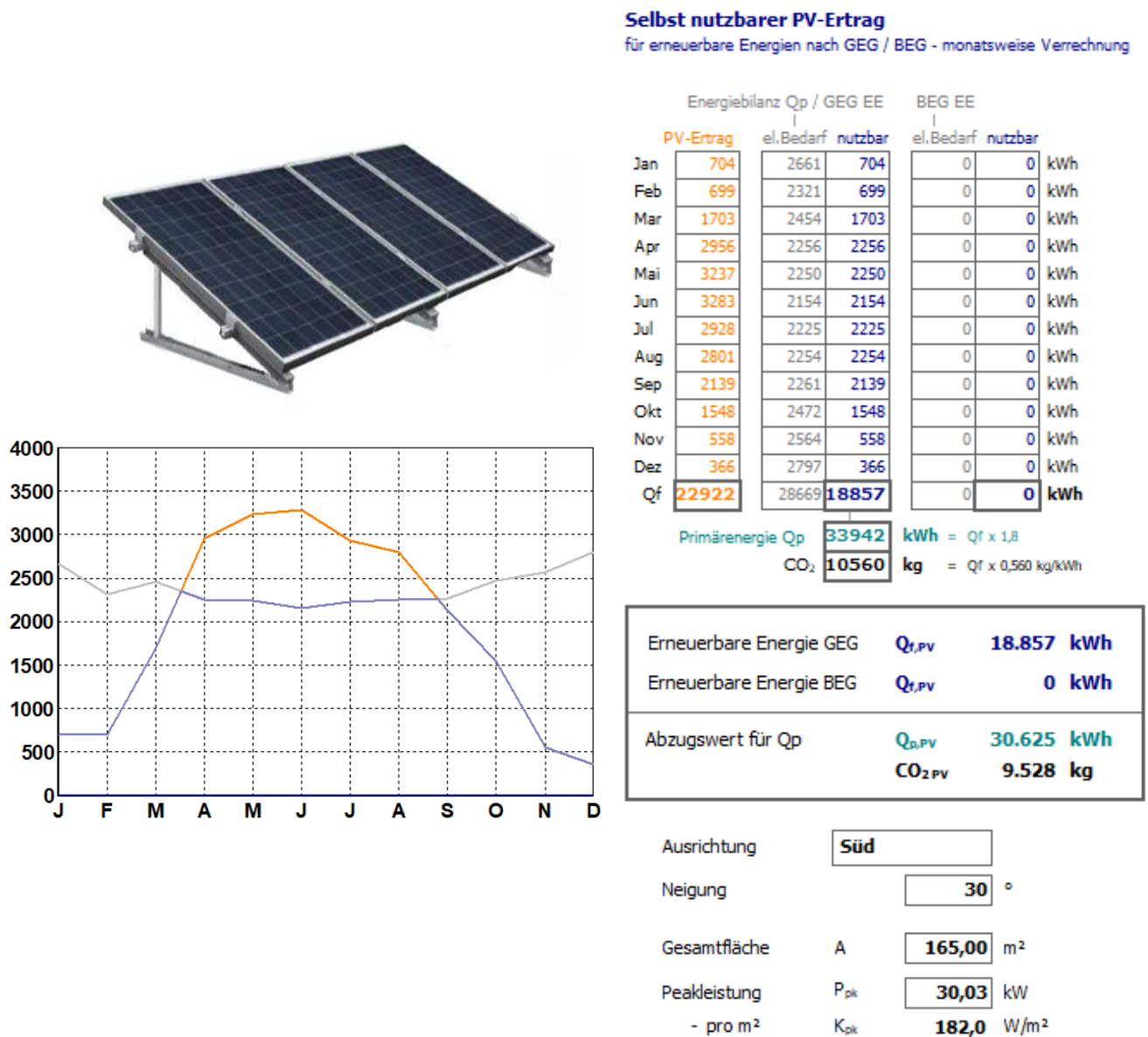


Abbildung 54 PV-Ertrag

2.5.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 5 %.

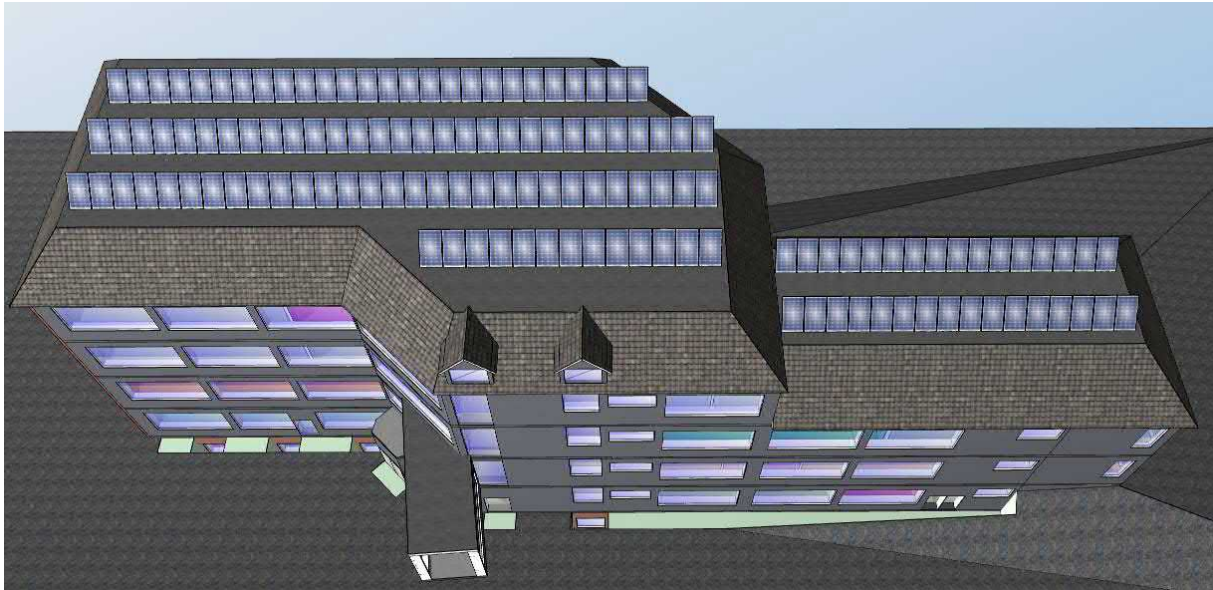


Abbildung 55 Beispiel PV-Anlage

Der derzeitige Endenergiebedarf von 380.075 kWh/Jahr reduziert sich auf 363.062 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 17.013 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 9.528 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 122 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

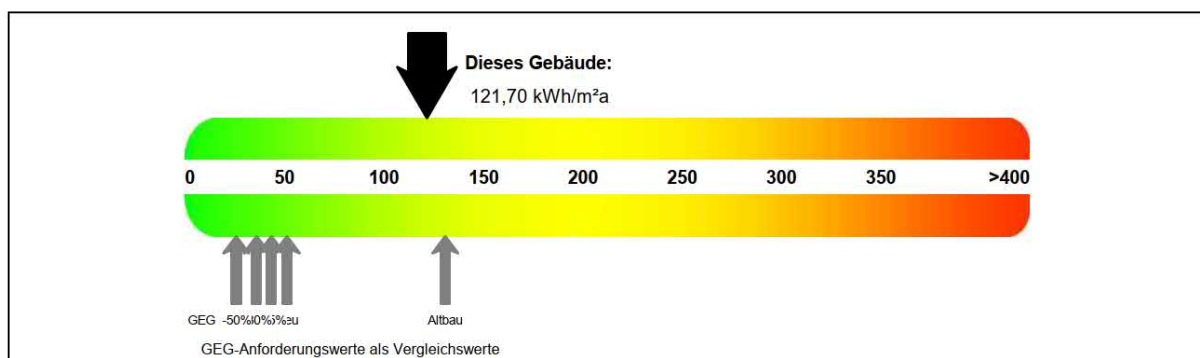


Abbildung 56 Gesamtbewertung (Variante 5)

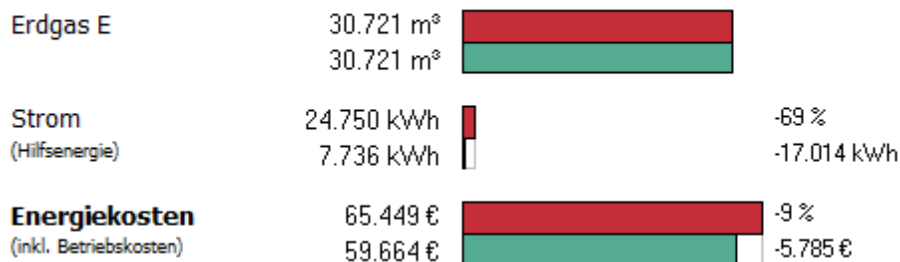
Brennstoff-Bedarf

Abbildung 57 Brennstoff-Bedarf (Variante 5)

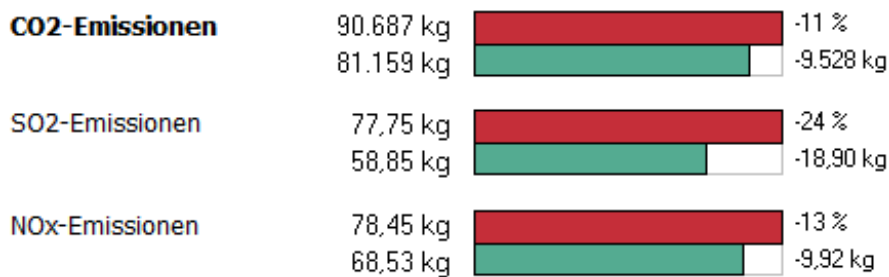
Emission

Abbildung 58 Emissionen (Variante 5)

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser	PV*
Nutzenergie	290280	277408	0	0	12872	0	0
	96,51	92,23	0	0	4,28	0	0
Endenergie	363062	356052	0	663	6347	0	(-17014)
	120,71	118,38	0	0,22	2,11	0	(-5,66)
Primärenergie	366049	353431	0	1194	11424	0	(-30625)
	121,70	117,51	0	0,40	3,80	0	(-10,18)

* PV bereits in Endenergie / Primärenergie verrechnet

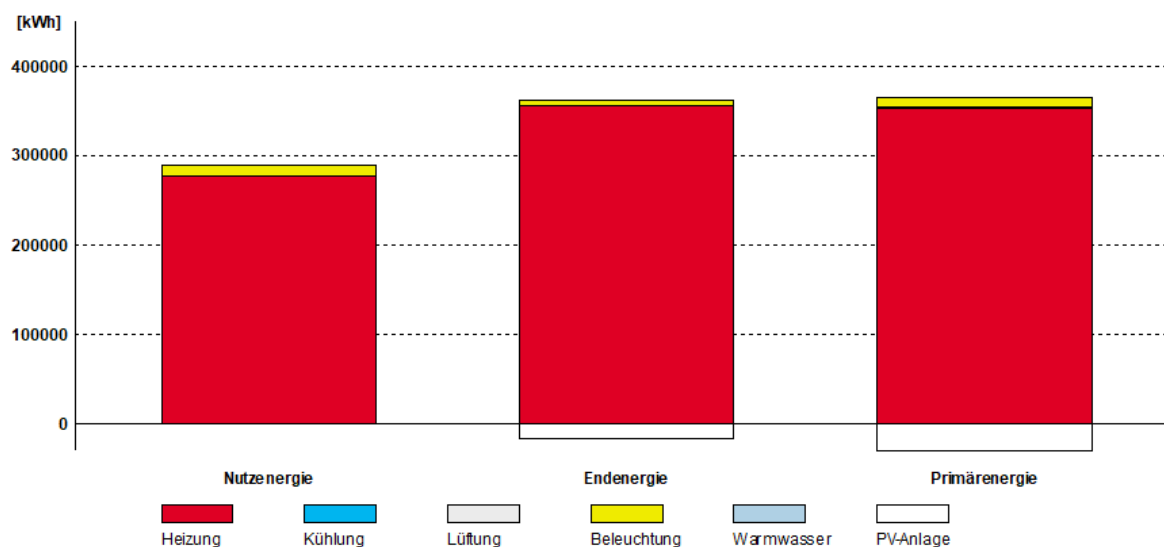


Abbildung 59 Energiebilanz (Variante 5)

2.5.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Diese Effizienzmaßnahme ist nicht förderfähig.

2.5.3 Schätz-Investition €:

• PV-Anlage ca. 30 kWp	<u>60.000,-</u>
Baunebenkosten Ing. netto €:	
<u>15.000,-</u>	
Summe netto € ca.:	75.000,-
<u>inkl. MwSt. € ca.:</u>	<u>89.250,-</u>

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.

Endenergiebedarf Q_E :	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLG 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

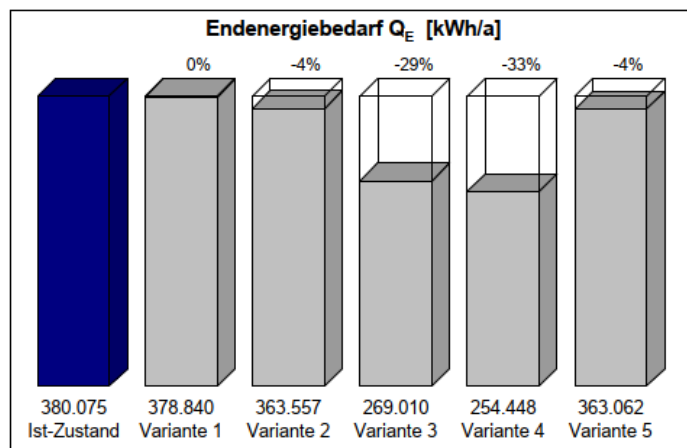


Abbildung 60 Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf

Endenergiebedarf q_E pro m^2 :	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLG 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

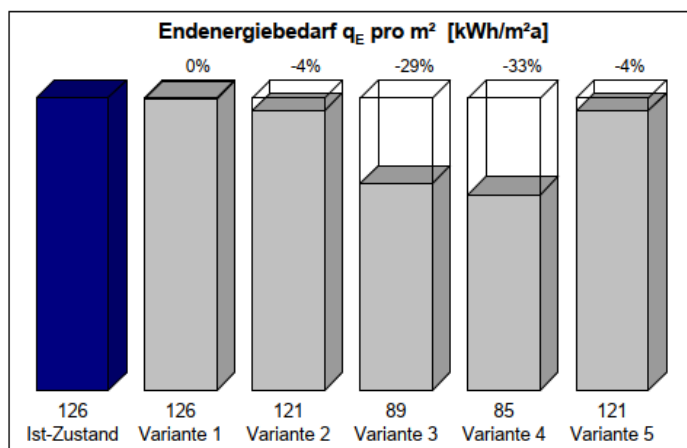


Abbildung 61 Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf pro m^2

3.2 Primärenergiebedarf

Für die ökologische Bewertung spielt der Primärenergiebedarf eine wichtige Rolle. Die hier erzielbaren Einsparungen werden in Abbildung 53 dargestellt.

Primärenergiebedarf Q_p :	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLW 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

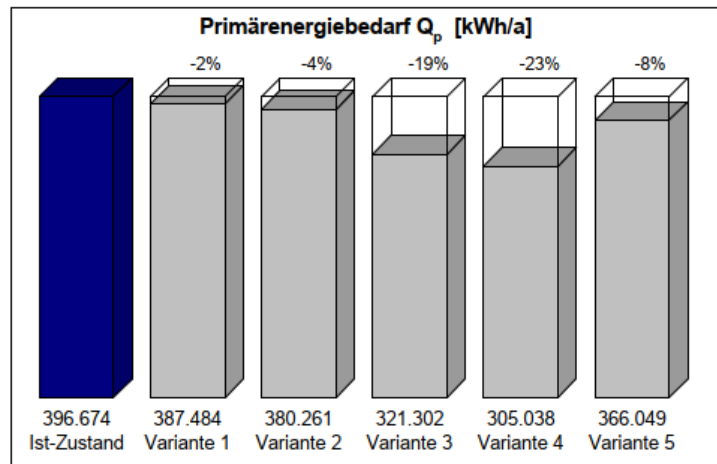


Abbildung 62 Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf q_p pro m^2 :	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLW 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

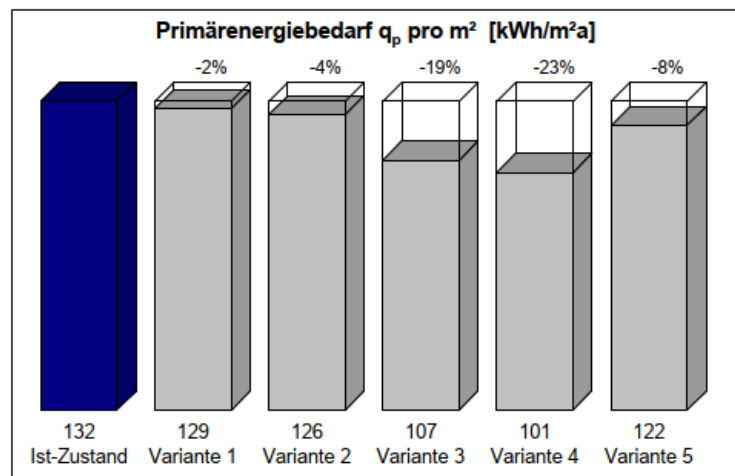


Abbildung 63 Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf pro m^2

3.3 Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf Q_b :	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLG 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

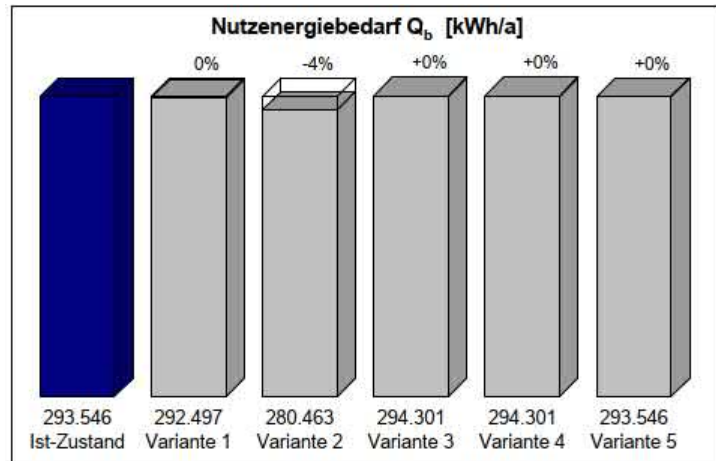


Abbildung 64 Erzielbare Einsparungen im Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf q_b pro m^2 :	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLG 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

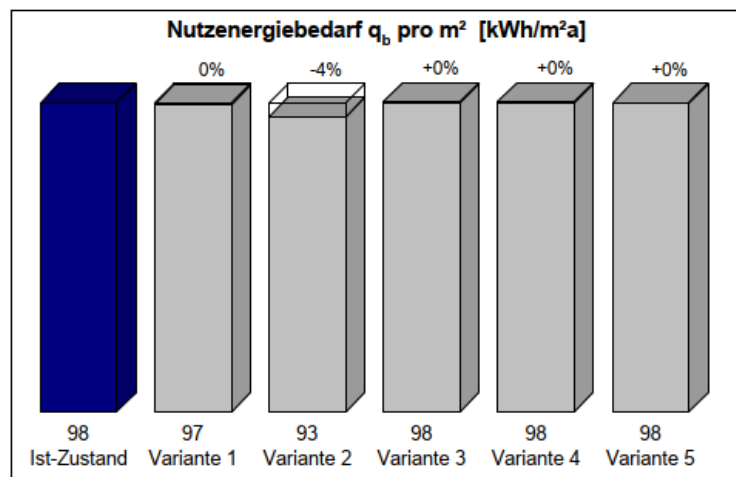


Abbildung 65 Erzielbare Einsparungen im Nutzenergiebedarf pro m^2

3.4 Schadstoff-Emissionen

Eine weitere, außerordentlich wichtige ökologische Leitgröße ist die Höhe der Kohlenstoffdioxid-Emissionen (CO₂-Emissionen), Stickstoffoxid (NO_x-Emissionen) und Schwefeldioxid (SO₂-Emissionen). Die folgenden Abbildungen zeigen die Senkung der Schadstoff-Emissionen durch die energetische Sanierung.

CO ₂ -Emissionen	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLW 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

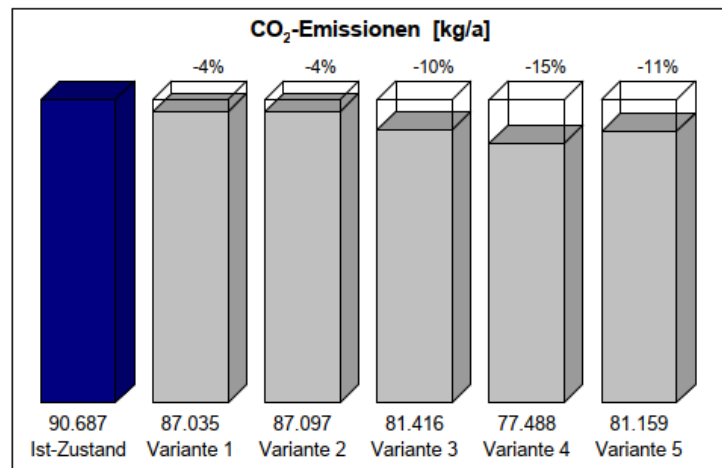


Abbildung 66 Erzielbare Einsparungen in Kohlenstoffdioxid-Emissionen

CO ₂ -Emissionen pro m ²	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLW 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

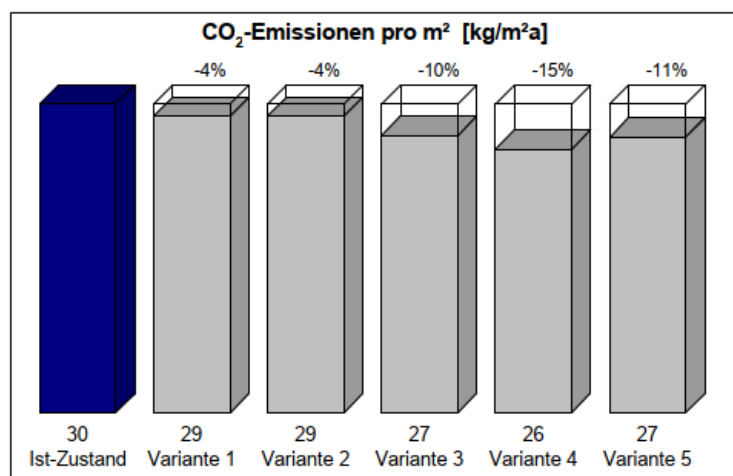


Abbildung 67 Erzielbare Einsparungen in Kohlenstoffdioxid-Emissionen pro m²

NO _x -Emissionen	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLW 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

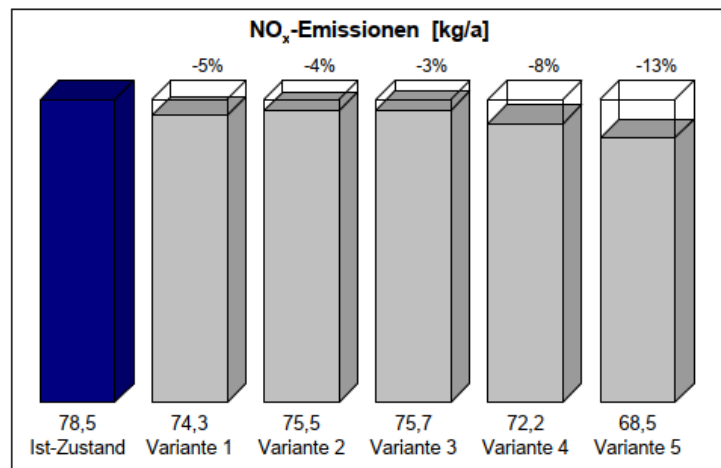


Abbildung 68 Erzielbare Einsparungen in Stickstoffdioxid -Emissionen

SO ₂ -Emissionen	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLW 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

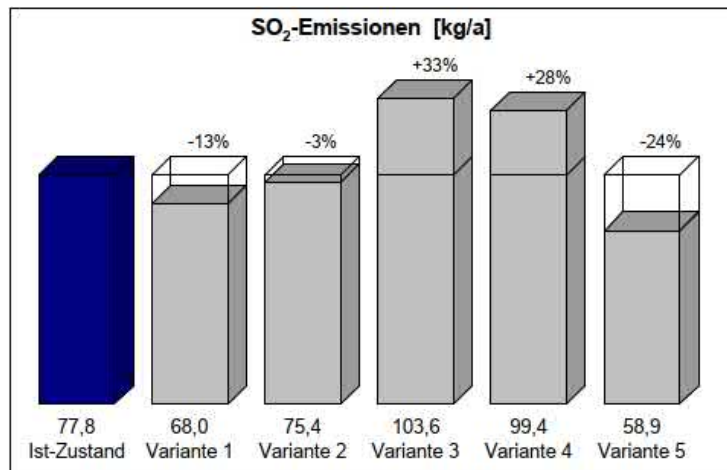


Abbildung 69 Erzielbare Einsparungen in Schwefeldioxid -Emissionen

3.5 Anlagentechnische Verluste

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

Anlagentechnische Verluste Q_t :	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLG 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

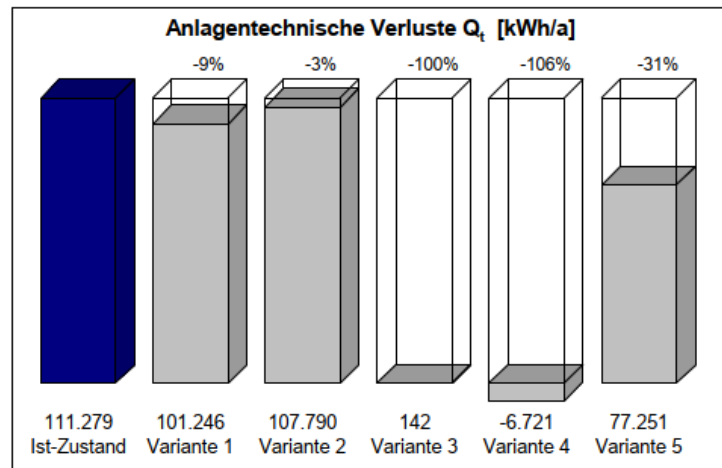


Abbildung 70 Erzielbare Einsparungen in den Anlagentechnischen Verlusten

Anlagentechnische Verluste Q_t :	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLG 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

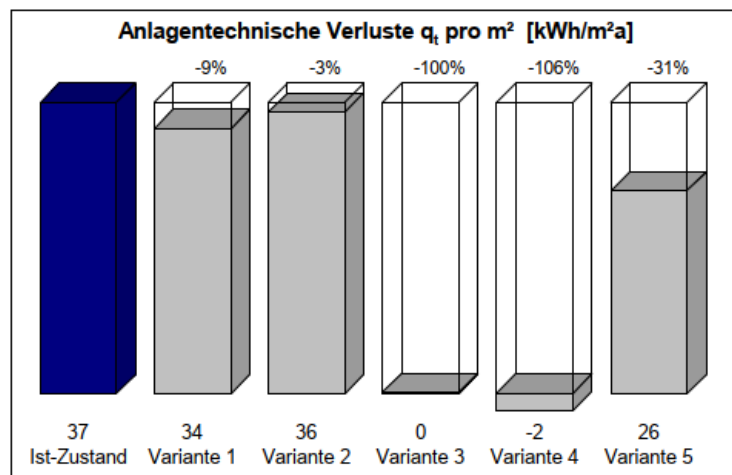


Abbildung 71 Erzielbare Einsparungen in den Anlagentechnischen Verlusten pro m^2

3.6 Brennstoffkosten

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

Anlagentechnische Verluste Q _t :	
V1	LED-Leuchten
V2	Dachboden 6 cm WLG 035
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

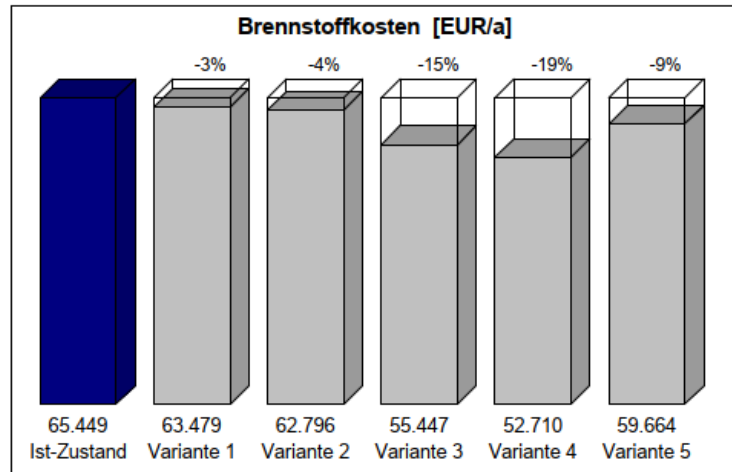


Abbildung 72 Brennstoffkosten

Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert H _i kWh/Einheit	Brennwert H _s kWh/Einheit	Verhältnis H _s /H _i *
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_s/H_i 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 ₂ - Emissionen g/kWh	SO ₂ - Emissionen g/kWh	NO _x - 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> 6 cm Dachbodendämmung	<u>Variante 3:</u> Luft-Wasser- Wärmepumpe	<u>Variante 4:</u> Sole-Wasser- Wärmepumpe	<u>Variante 5:</u> PV-Anlage
Investkosten (brutto) abzgl. Förderung BEG EM	28.488,-	52.479,-	63.873,-	78.569,-	89.250,-
Energiekosten:					
1 Jahr (brutto)	63.479,-	62.796,-	55.447,-	52.710,-	59.664,-
15 Jahre (brutto)	952.185,-	941.940,-	831.705,-	790.650,-	894.960,-
Wartungskosten					
1 Jahr (brutto)	0,-	0,-	1.200,-	1.400,-	1.500,-
15 Jahre (brutto)	0,-	0,-	18.000,-	21.000,-	22.500,-
Summe Kosten (brutto)	63.479,-	62.796,-	56.647,-	54.110,-	61.164,-
15 Jahre (brutto)	952.185,-	941.940,-	849.705,-	811.650,-	917.460,-
Gesamtkosten (brutto) inkl. Investkosten abzgl. Förderung 15 Jahre	980.673,-	994.419,-	913.578,-	890.219,-	1.006.710,-
Amortisation (Jahre)	14	20	7	7	21

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

Für die Sanierungsvariante 3 werden folgende Wartungskosten angenommen: - Luft-Wasser-Wärmepumpe: 1.200 Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 63.873 Euro. Wartungskosten in Höhe von 1,9 Prozent pro Jahr der Investitionskosten der Luft-Wasser-Wärmepumpe) - Photovoltaik-Anlage: 1.500 Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 89.250 Euro. Wartungskosten in Höhe von 1,6 Prozent pro Jahr der Investitionskosten der Photovoltaik-Anlage). Die Wartungskosten der Beleuchtungsanlage wurden nicht berücksichtigt, da angenommen wird, dass diese sehr gering ausfallen.

Für die Sanierungsvariante 4 werden folgende Wartungskosten angenommen: - Sole-Wasser-Wärmepumpe: 1.400 Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 78.569 Euro. Wartungskosten in Höhe von 1,8 Prozent pro Jahr der Investitionskosten der Sole-Wasser-Wärmepumpe).

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 Wärmepumpe reduziert sich die Brennstoffkosten um ca. 17%. In etwa 6-10 Jahren, statisch berechnet, sollte die Maßnahme (Variante 3 bzw. 4) amortisiert sein.

Die Umsetzung der Variante 3 bzw. 4 lässt die CO₂-Emissionen um ca. 13 % sinken. Dies erklärt zum größten Teil die Reduktion der Primärenergie von ca. 21%.