

Energieberatungsbericht

für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599



Gebäude: Volkshochschule
Bauteil A
Wirtsmühler Str. 12
42929 Wermelskirchen

Eigentümer: 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

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	23
1.2.4 Nutzungszonen	26
1.2.5 Energiebilanz	31
1.2.6 Bewertung des Gebäudes	34
1.2.7 Empfohlene Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudes	34
2. Energetische Sanierungskonzepte	36
2.1 Variante 1: LED-Leuchten	36
2.1.1 Einsparung	36
2.1.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen	38
2.1.3 Schätz-Investition €:	38
2.2 Variante 2: Hydraulischer Abgleich	39
2.2.1 Einsparung	39
2.2.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen	41
2.2.3 Schätz-Investition €:	42
2.3 Variante 3: Luft-Wasser-Wärmepumpe + Brennwert-Kessel (2011)	43
2.3.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen	45
2.3.3 Schätz-Investition €:	46
2.4 Variante 4: Sole-Wasser-Wärmepumpe + Brennwert-Kessel (Bestand 2011)	47
2.4.1 Einsparung	48
2.4.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen	50
2.4.3 Schätz-Investition €:	50
2.5 Variante 5: PV-Anlage	51
2.5.1 Einsparung	53
2.5.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen	55
2.5.3 Schätz-Investition €:	55
3. Erzielbare Einsparungen durch die energetische Sanierung	56

3.1 Endenergiebedarf	56
3.2 Primärenergiebedarf	57
3.3 Nutzenergiebedarf	58
3.4 Schadstoff-Emissionen	59
3.5 Anlagentechnische Verluste	61
3.6 Brennstoffkosten	62
3.7 Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen 1-5	63
4. Erläuterungen zur Wirtschaftlichkeit	64
6. Fazit	65

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 LAGEPLAN	13
ABBILDUNG 2 ANSICHT WESTEN.....	14
ABBILDUNG 3 ANSICHT OSTEN 1	14
ABBILDUNG 4 ANSICHT OSTEN 2	15
ABBILDUNG 5 ANSICHT NORDEN 1	15
ABBILDUNG 6 ANSICHT NORDEN 2	16
ABBILDUNG 7 AUßENWANDDÄMMUNG	18
ABBILDUNG 8 BÖDEN.....	18
ABBILDUNG 9 AUßENTÜR	18
ABBILDUNG 10 FENSTER AUS DEM BAUJAHR 2011.....	19
ABBILDUNG 11 DACH	19
ABBILDUNG 12 ANLAGENTECHNIK	20
ABBILDUNG 13 HEIZUNG DACHGESCHOSS	21
ABBILDUNG 14 BELEUCHTUNG 1	21
ABBILDUNG 15 BELEUCHTUNG 2	22
ABBILDUNG 16 HEIZKÖRPER	22
ABBILDUNG 17 3D-MODELL WEST.....	23
ABBILDUNG 18 3D-MODELL SÜD	23
ABBILDUNG 19 3D-MODELL NORD WEST	24
ABBILDUNG 20 3D-MODELL NORD	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 DG.....	30
ABBILDUNG 26 IST-ZUSTAND VERLUSTE-GEWINNE	31
ABBILDUNG 27 ENERGIEVERBRAUCH BESTAND	32
ABBILDUNG 28 ENERGIEBILANZ (IST-ZUSTAND).....	33
ABBILDUNG 29 BRENNSTOFF-BEDARF (IST-ZUSTAND).....	33
ABBILDUNG 30 EMISSIONEN (IST-ZUSTAND).....	34
ABBILDUNG 31 GESAMTBEWERTUNG - PRIMÄRENERGIEBEDARF	34

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

ABBILDUNG 64 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IM NUTZENERGIEBEDARF PRO M ²	58
ABBILDUNG 65 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN.....	59
ABBILDUNG 66 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN KOHLENSTOFFDIOXID-EMISSIONEN PRO M ²	59
ABBILDUNG 67 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN STICKSTOFFOXID -EMISSIONEN.....	60
ABBILDUNG 68 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN SCHWEFELDIOXID -EMISSIONEN.....	60
ABBILDUNG 69 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN DEN ANLAGENTECHNISCHEN VERLUSTEN ..	61
ABBILDUNG 70 ERZIELBARE EINSPARUNGEN IN DEN ANLAGENTECHNISCHEN VERLUSTEN PRO M ²	61
ABBILDUNG 71 BRENNSTOFFKOSTEN	62

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.....	32
TABELLE 6 SANIERUNGSFAHRPLAN MAßNAHMEN	35
TABELLE 7 WIRTSCHAFTLICHKEIT	63

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
BHKW	Blockheizkraftwerk
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

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 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 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	Volkshochschule
Baujahr	Ca. 1900
Lage	halbfreie Lage
Hauptnutzung	Schulgebäude
Bauweise	Massivbauweise
Vollgeschosse	2
Nettogrundfläche	967,7 m ²
Gebäudevolumen	4153,9 m ³



Abbildung 1 Lageplan

Ansichten:



Abbildung 2 Ansicht Westen



Abbildung 3 Ansicht Osten 1



Abbildung 4 Ansicht Osten 2



Abbildung 5 Ansicht Norden 1



Abbildung 6 Ansicht Norden 2

Verbrauchsangaben:

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

1.2 Ist-Zustand des Gebäudes

1.2.1 Gebäudehülle

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

Tabelle 2 U-Werte

Bauteil	U-Wert (W/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>Dächer</i>	0,35	0,20	0,14
<i>Bodenplatte</i>	0,34	0,3	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/m²K.

**) 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 7 Außenwanddämmung

1.2.1.2 Böden:



Die Böden sind mit ca. 10 cm EPS-Wärmedämmung der Wärmeleitgruppe 040 gedämmt. Dadurch ergibt sich ein U-Wert von 0,34 W/m²K.

Abbildung 8 Böden

1.2.1.3 Fenster und Türen:



Die Fenster und Türen mit Zwei-Scheibenverglasungen wurden im Jahr 2011 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 Außentür



Abbildung 10 Fenster aus dem Baujahr 2011

1.2.1.4 Dächer:



Das Dach im beheizten Bereich ist mit etwa 12 cm Mineralwolle der Wärmeleitgruppe 040 gedämmt. Dadurch ergibt sich ein U-Wert von 0,35 W/m²K.

Abbildung 11 Dach

1.2.2 Anlagentechnik

Das Gebäude wird mit einem Brennwert-Kessel aus 2011 versorgt. Das Dachgeschoss wird getrennt von einem NT-Gas-Heizkessel beheizt. Die Nennleistung des Brennwert-Kessels beträgt ca. 297 kW und der NT-Gas-Heizkessel im Dachgeschoss ca. 15 kW. In der Tabelle 3 ist die Wärmeerzeugung detailliert erläutert.

Die Beleuchtung besteht aus stabförmigen EVG und LED-Leuchtstofflampen.

Tabelle 3 Anlagentechnik

Wärmeerzeugung (Heizung + Warmwasser)	
Art (Baujahr)	Brennwert-Kessel (2011) NT-Gas-Heizkessel nur im DG (1995)
Leistung	Brennwert-Kessel (297 kW) NT-Gas-Heizkessel (15 kW) (Heizlast ca. 30kW)
Brennstoff	Erdgas
Übergabe	Heizkörper 70/55°C
Regelung	P-Regler
Warmwasserspeicher	vorhanden

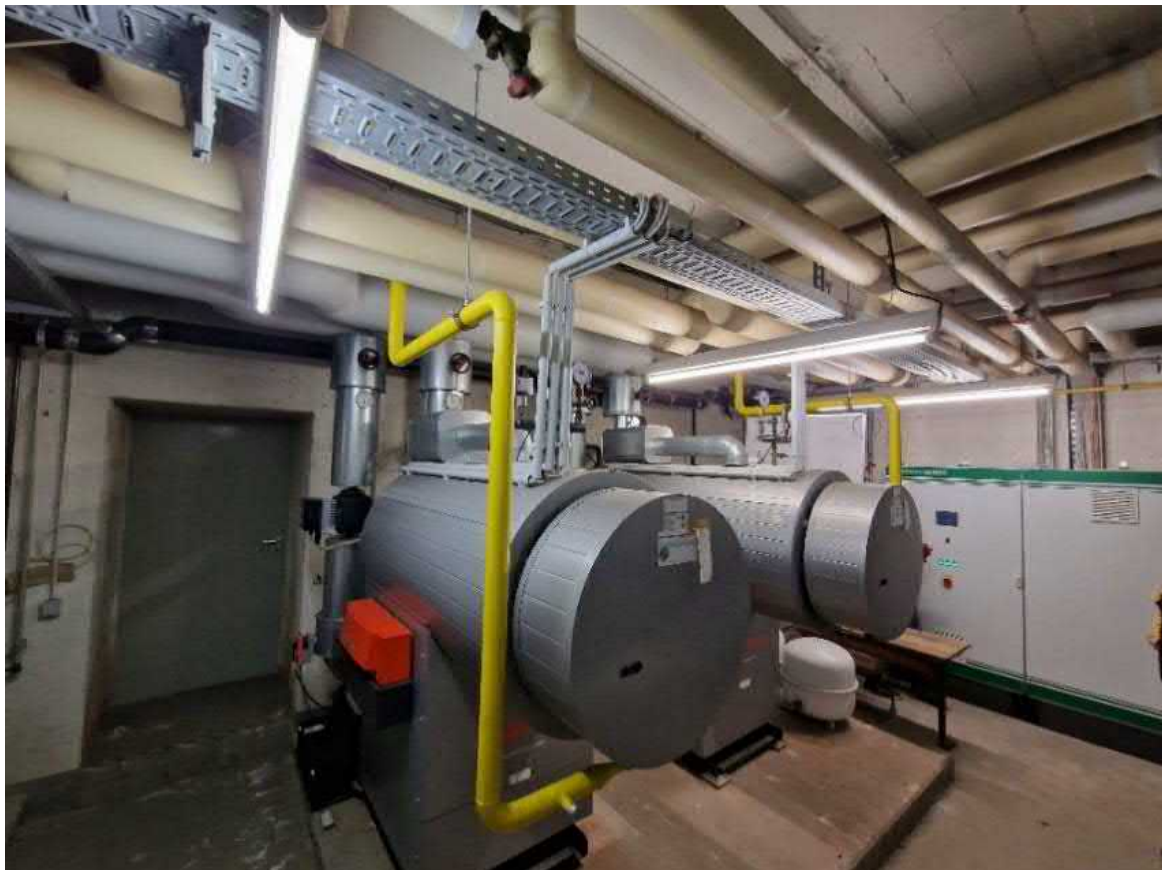


Abbildung 12 Anlagentechnik



Abbildung 13 Heizung Dachgeschoss



Abbildung 14 Beleuchtung 1



Abbildung 15 Beleuchtung 2



Abbildung 16 Heizkörper

1.2.3 Modelberechnung nach DIN EN 18599



Abbildung 17 3D-Modell West



Abbildung 18 3D-Modell Süd



Abbildung 19 3D-Modell Nord West



Abbildung 20 3D-Modell Nord

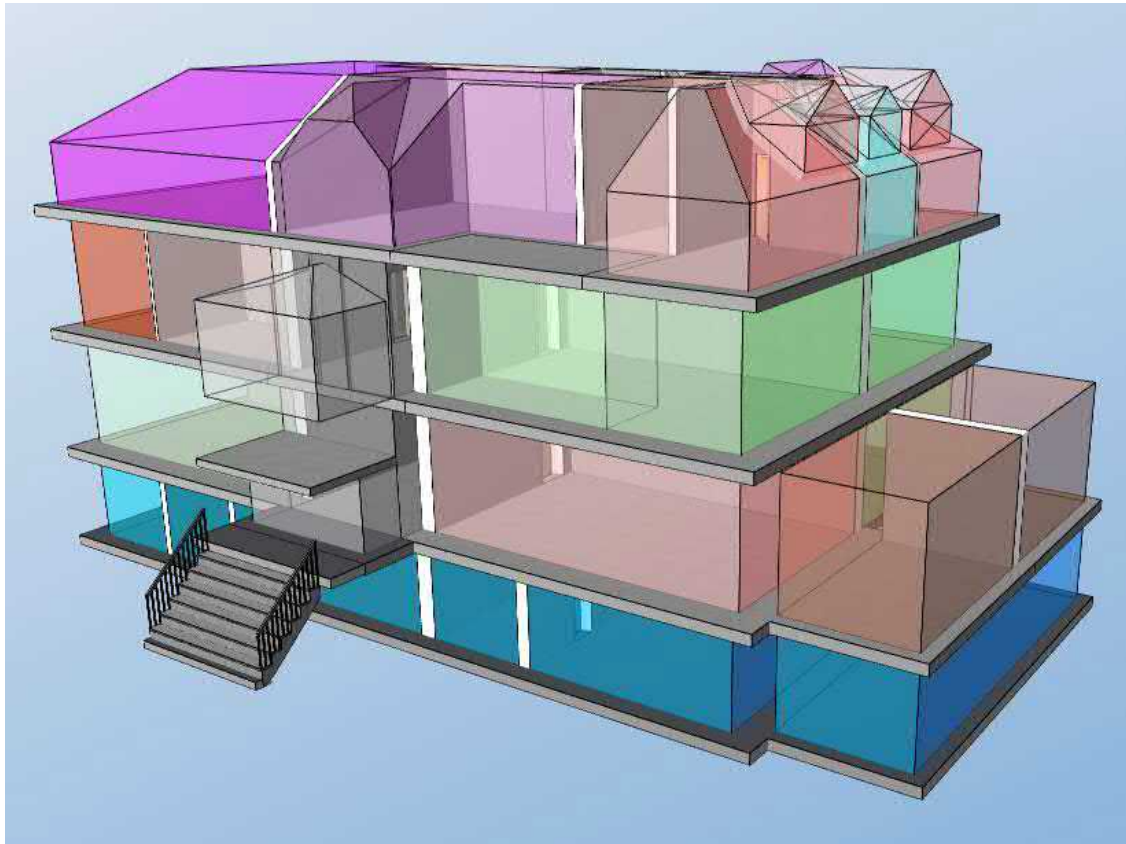


Abbildung 21 3D-Modell Räume

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

Nr.	Zone	Fläche [m²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m²]	Konditionierung
1	Einzelbüro	73,05	7,55	0,00	Heizung + Beleuchtung
2	Klassenzimmer (Schule)	321,93	33,27	612,93	Heizung + Beleuchtung
3	WC und Sanitärräume	9,71	1,00	35,38	Heizung + Beleuchtung
4	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume	37,89	3,92	176,93	Heizung + Beleuchtung
5	Verkehrsfläche	203,40	21,02	370,00	Heizung + Beleuchtung
6	unbeheizte Zone	(168,96)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
7	Sonstige Aufenthaltsräume	11,29	1,17	47,20	Heizung + Beleuchtung
8	Nebenflächen DG	102,54	10,60	0,00	Heizung + Beleuchtung
9	Besprechung DG	55,31	5,72	156,79	Heizung + Beleuchtung
10	Gruppenbüro	152,55	15,76	385,16	Heizung + Beleuchtung
11	Lager DG	(99,39)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
		Σ 967,67		Σ 1784,39	

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

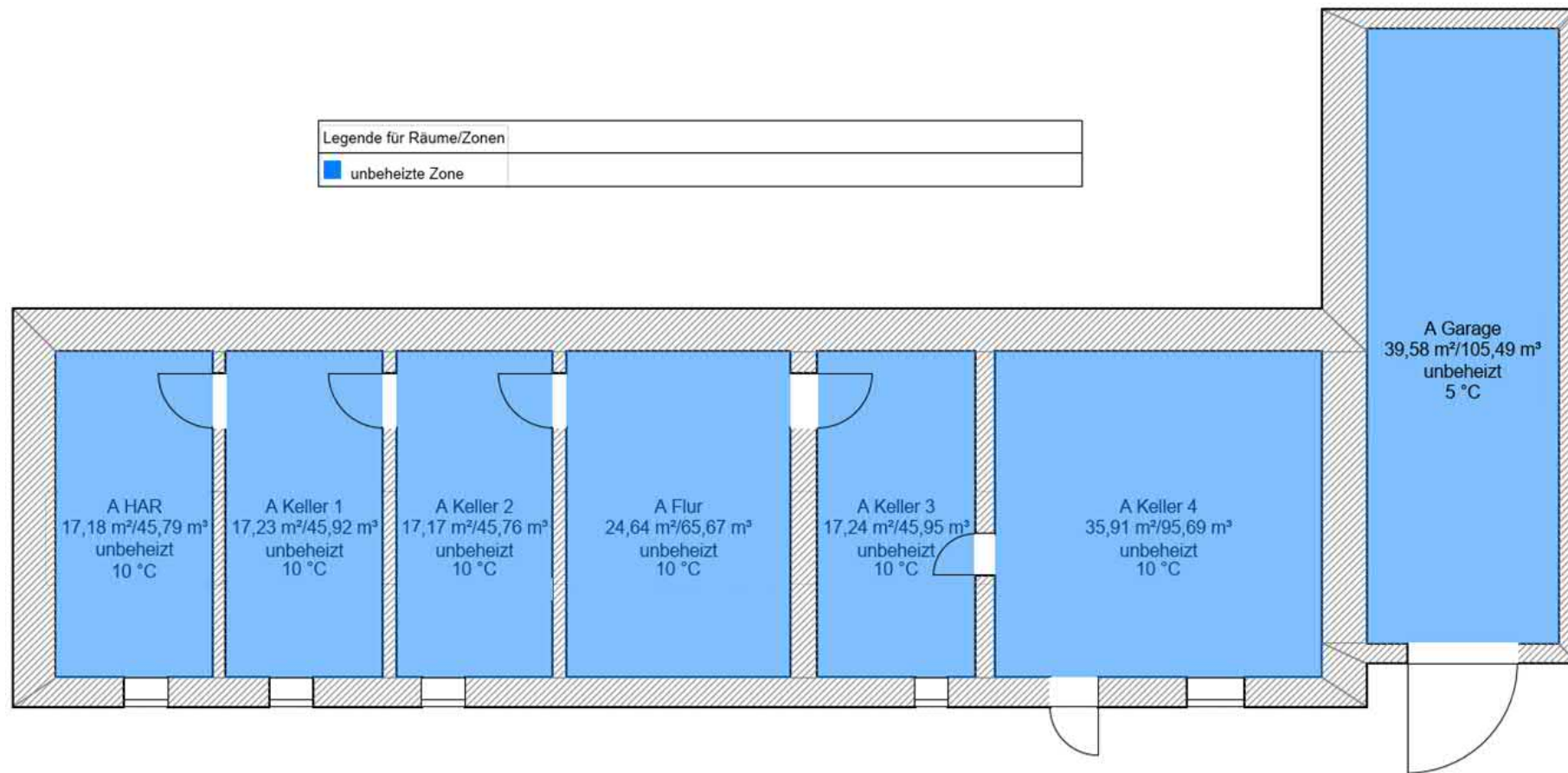


Abbildung 22 Zonierung KG

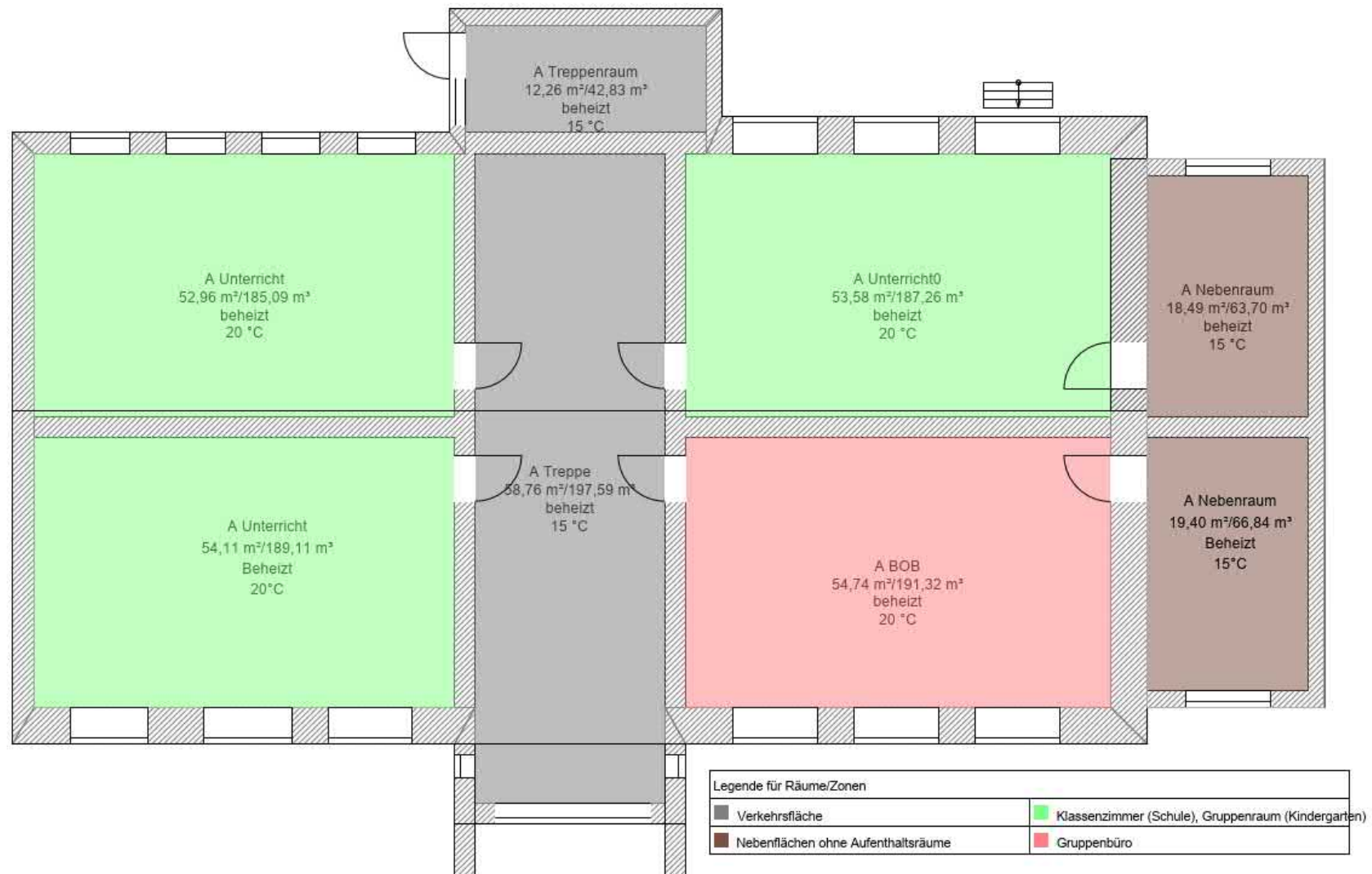


Abbildung 23 Zonierung EG

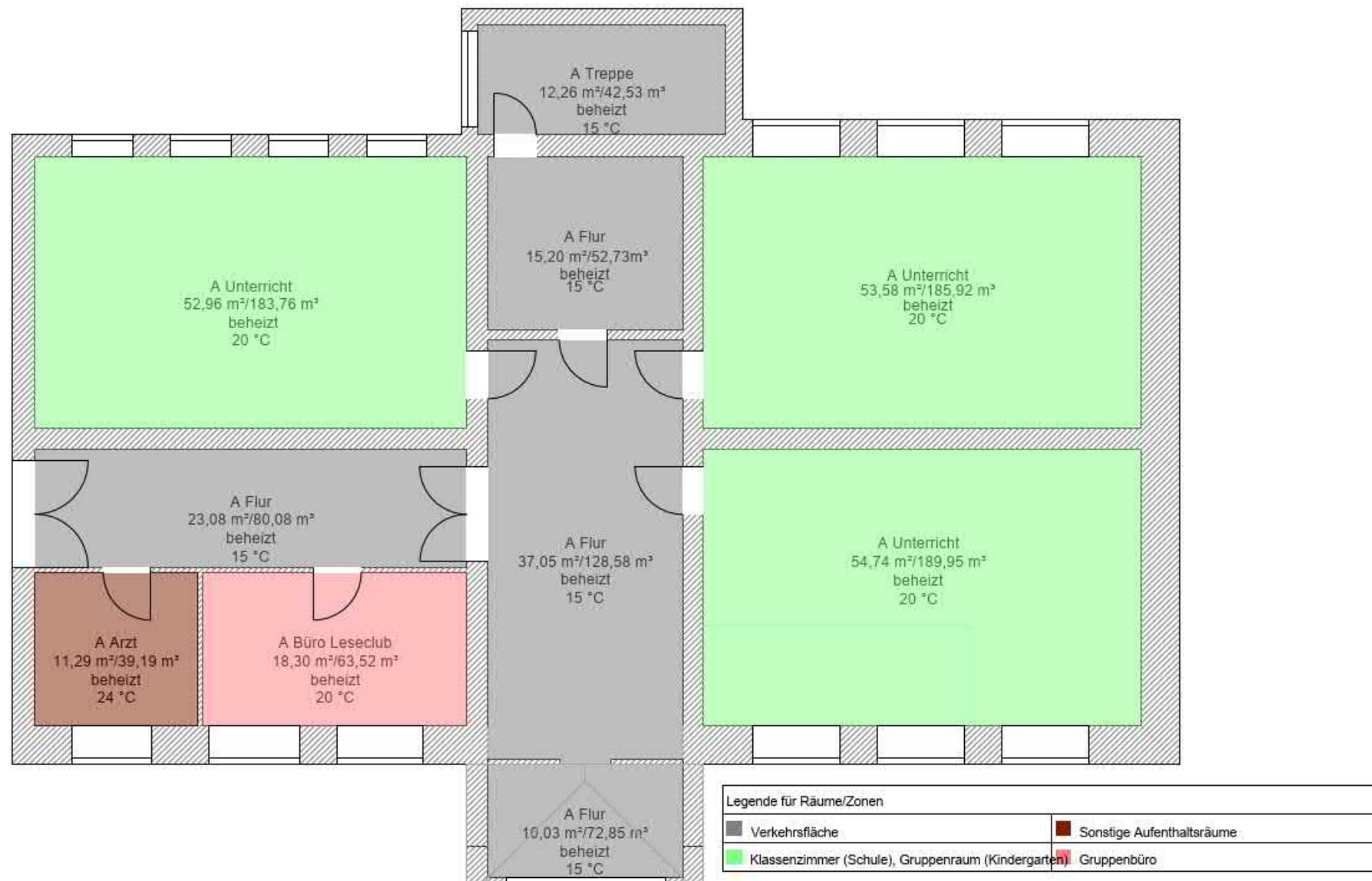


Abbildung 24 Zonierung OG1

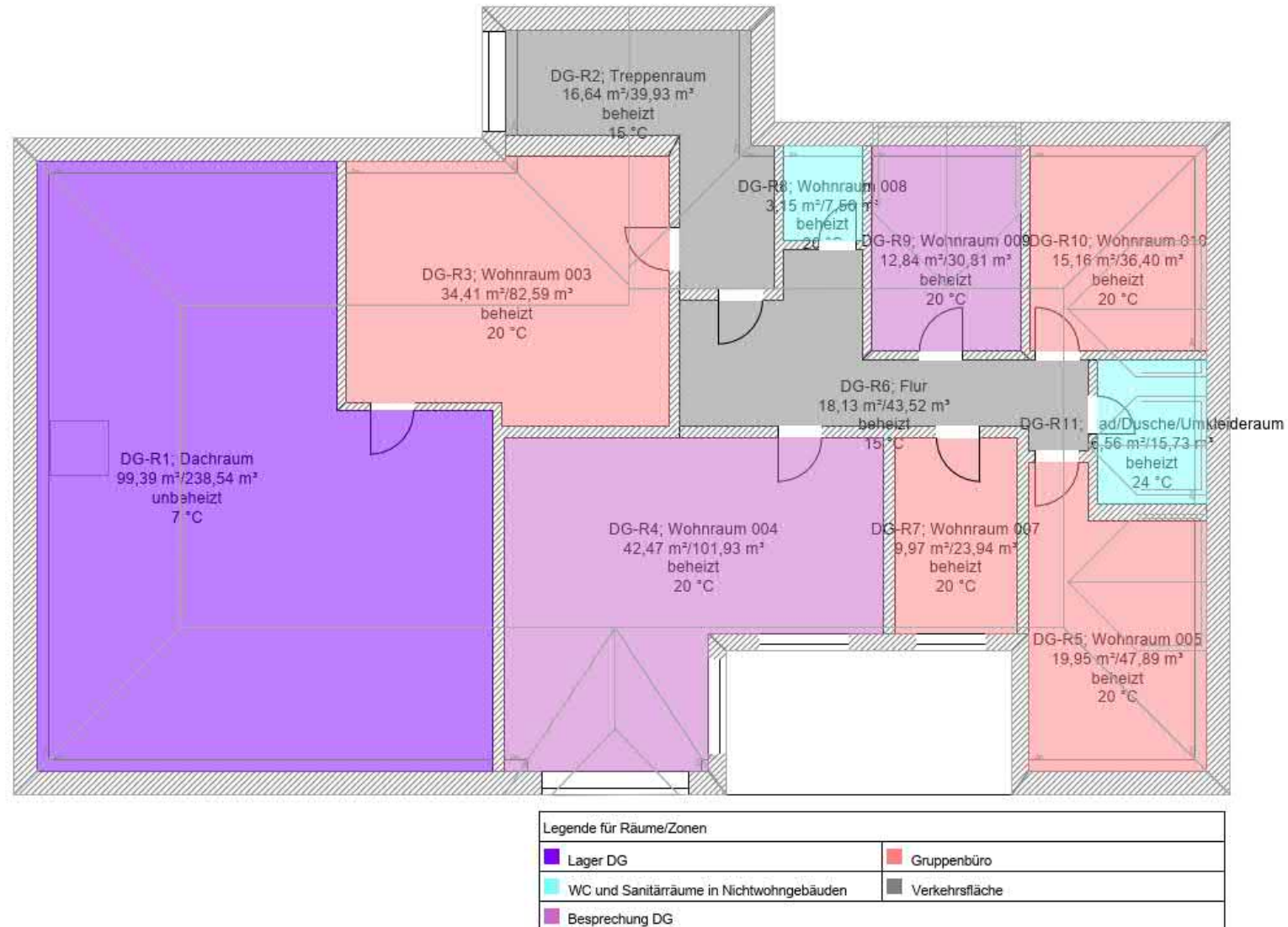


Abbildung 25 Zonierung DG

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.

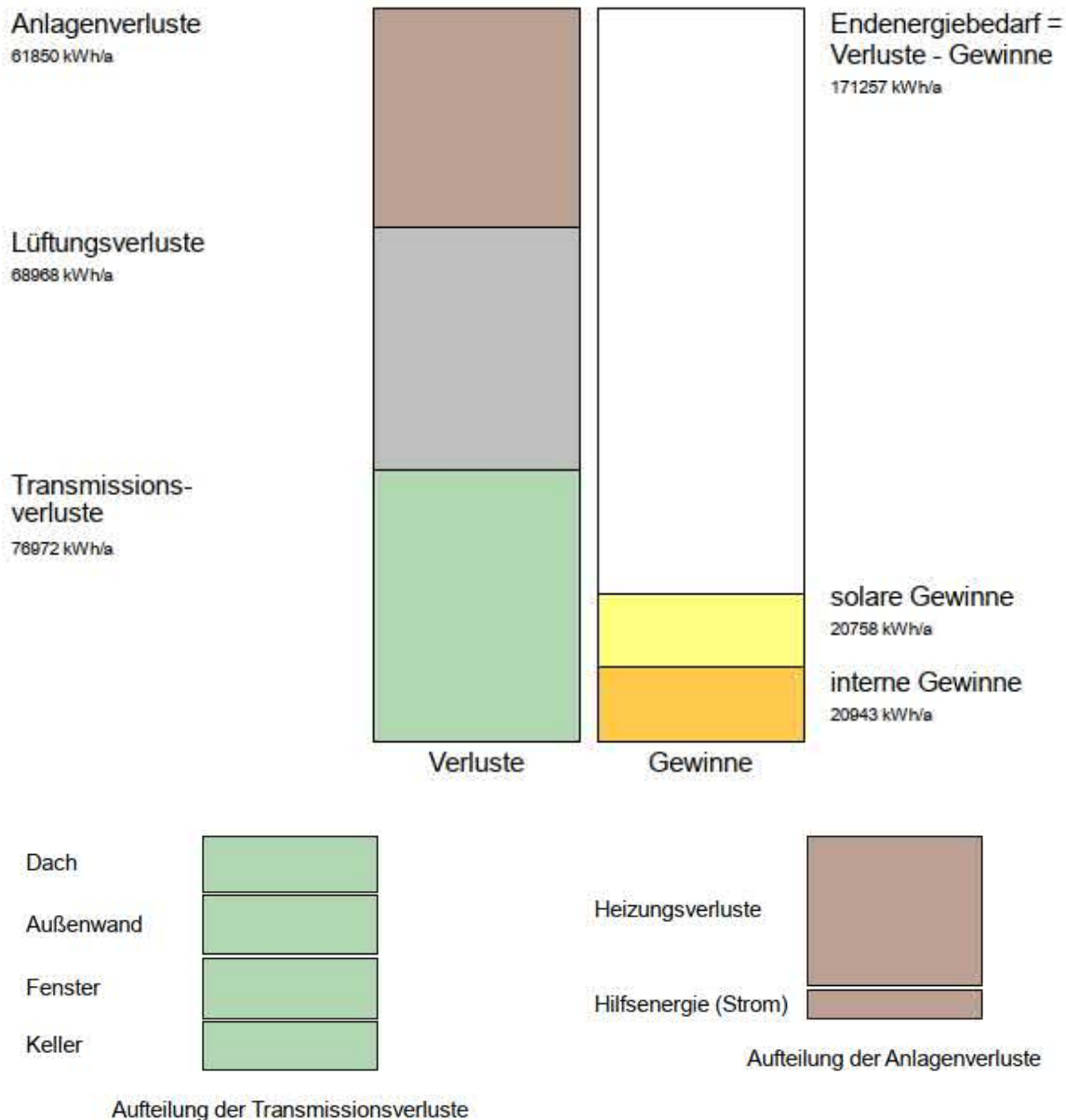


Abbildung 26 Ist-Zustand Verluste-Gewinne

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.

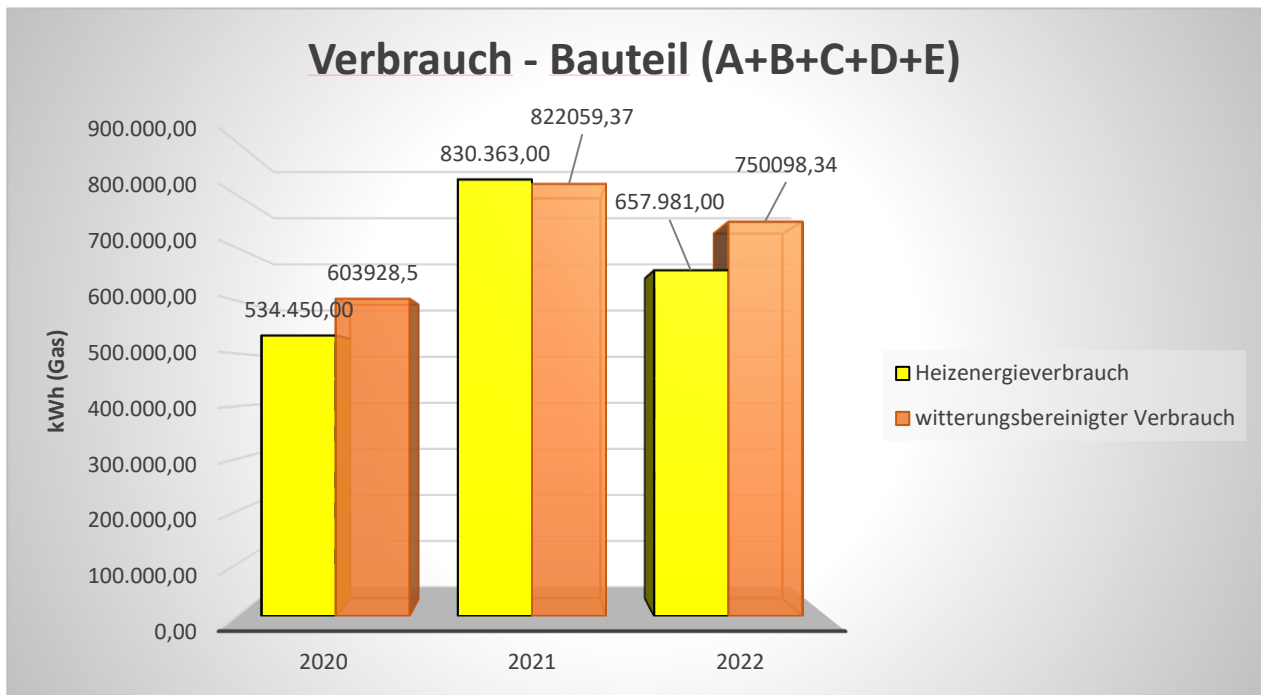


Abbildung 27 Energieverbrauch Bestand

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	109593	104624	0	0	4969	0
	113,25	108,12	0	0	5,13	0
Endenergie	172100	163922	0	0	8177	0
	177,85	169,40	0	0	8,45	0
Primärenergie	178858	164139	0	0	14719	0
	184,83	169,62	0	0	15,21	0

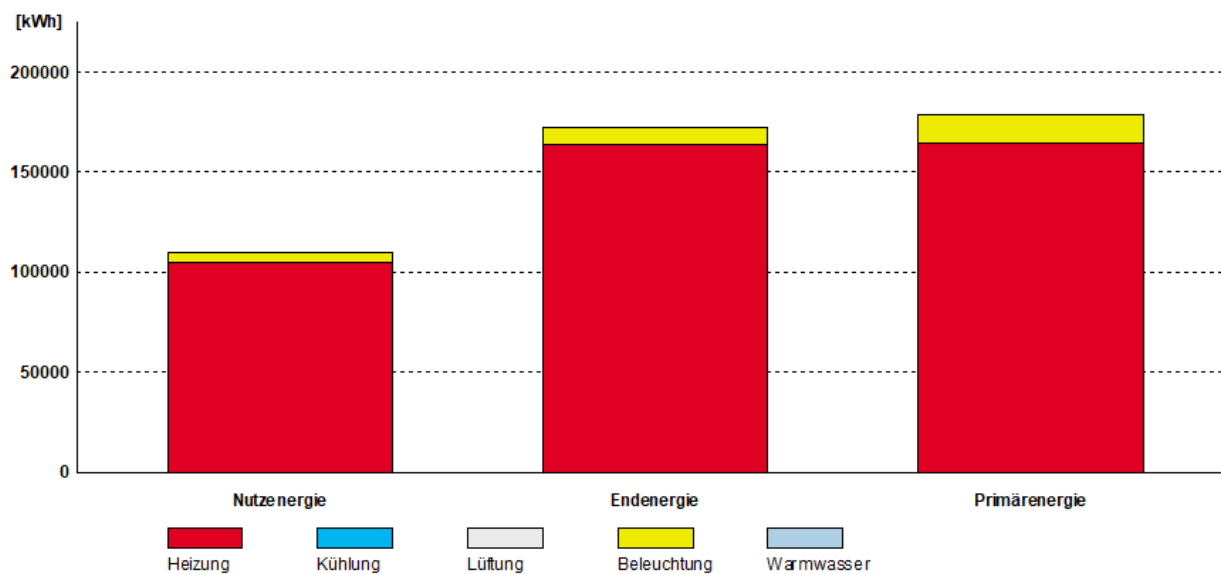


Abbildung 28 Energiebilanz (Ist-Zustand)

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E 13.992 m³

 Strom
 (Hilfsenergie) 10.271 kWh

Energiekosten 29.566 €
 (inkl. Betriebskosten)

Abbildung 29 Brennstoff-Bedarf (Ist-Zustand)

Emission

CO₂-Emissionen	40.742 kg	<div></div>
SO ₂ -Emissionen	34,30 kg	<div></div>
NO _x -Emissionen	35,15 kg	<div></div>

Abbildung 30 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.

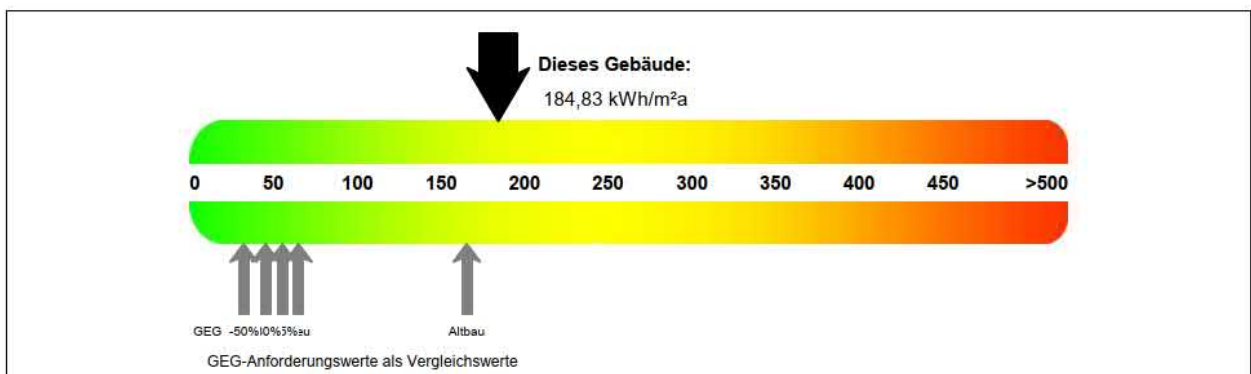


Abbildung 31 Gesamtbewertung - Primärenergiebedarf

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	Hydraulischer Abgleich
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 8177 kWh/Jahr reduziert sich auf 4519 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3659 kWh/Jahr bei der Beleuchtung, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1120 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 182 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 32 LED-Leuchten

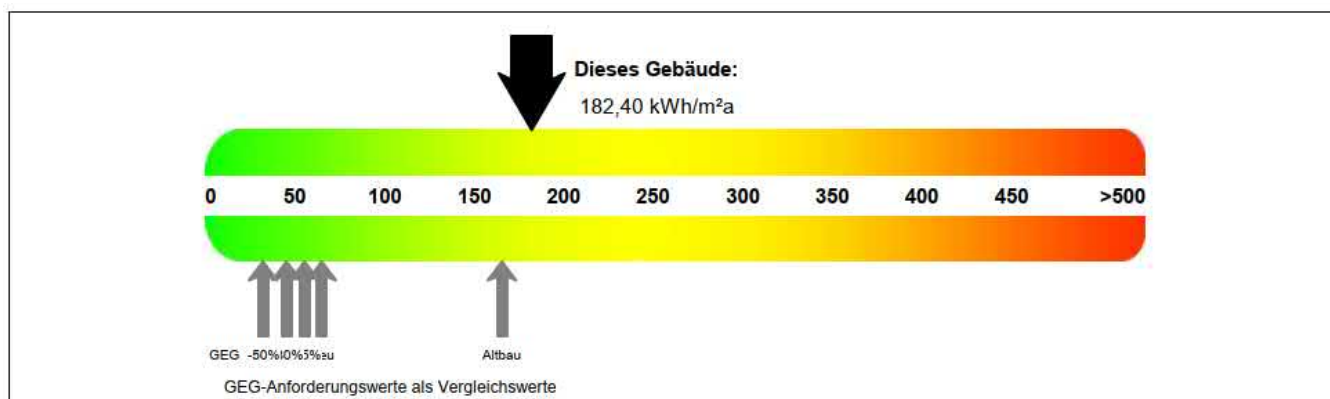


Abbildung 33 Gesamtbewertung Primärenergie Variante 1

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	110012	107214	0	0	2798	0
	113,69	110,80	0	0	2,89	0
Endenergie	172679	168160	0	0	4519	0
	178,45	173,78	0	0	4,67	0
Primärenergie	176502	168369	0	0	8134	0
	182,40	173,99	0	0	8,41	0

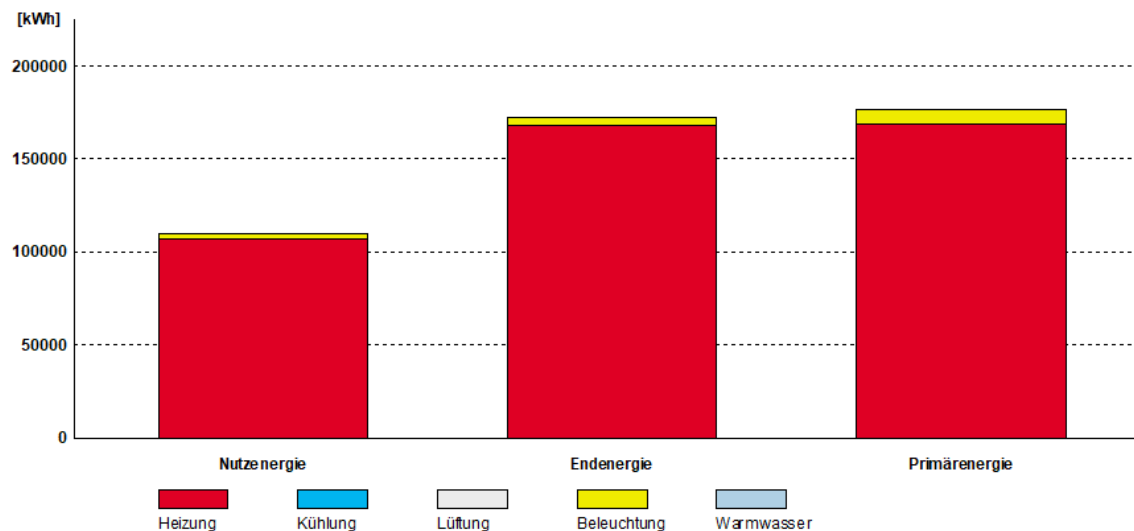


Abbildung 34 Energiebilanz Variante 1

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	13.992 m³		+3 %
	14.355 m³		+363 m³
Strom (Hilfsenergie)	10.271 kWh		-35 %
	6.649 kWh		-3.621 kWh
Energiekosten (inkl. Betriebskosten)	29.566 €		-2 %
	29.007 €		-559 €

Abbildung 35 Brennstoff-Bedarf (Variante 1)

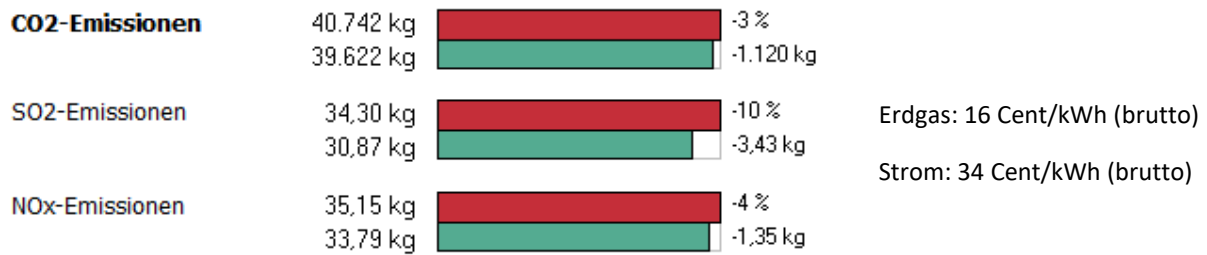
Emission

Abbildung 36 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. 47 Lampen 36 W – 200 €/Stck	9.400,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	<u>2.350,-</u>
Summe netto € ca.:	11.750,-
<u>Mögliche Fördersumme (20 %)</u>	<u>1.880,-</u>
<u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u>	9.870,-
<u>inkl. MwSt. € ca.:</u>	<u>11.745,-</u>

2.2 Variante 2: 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.

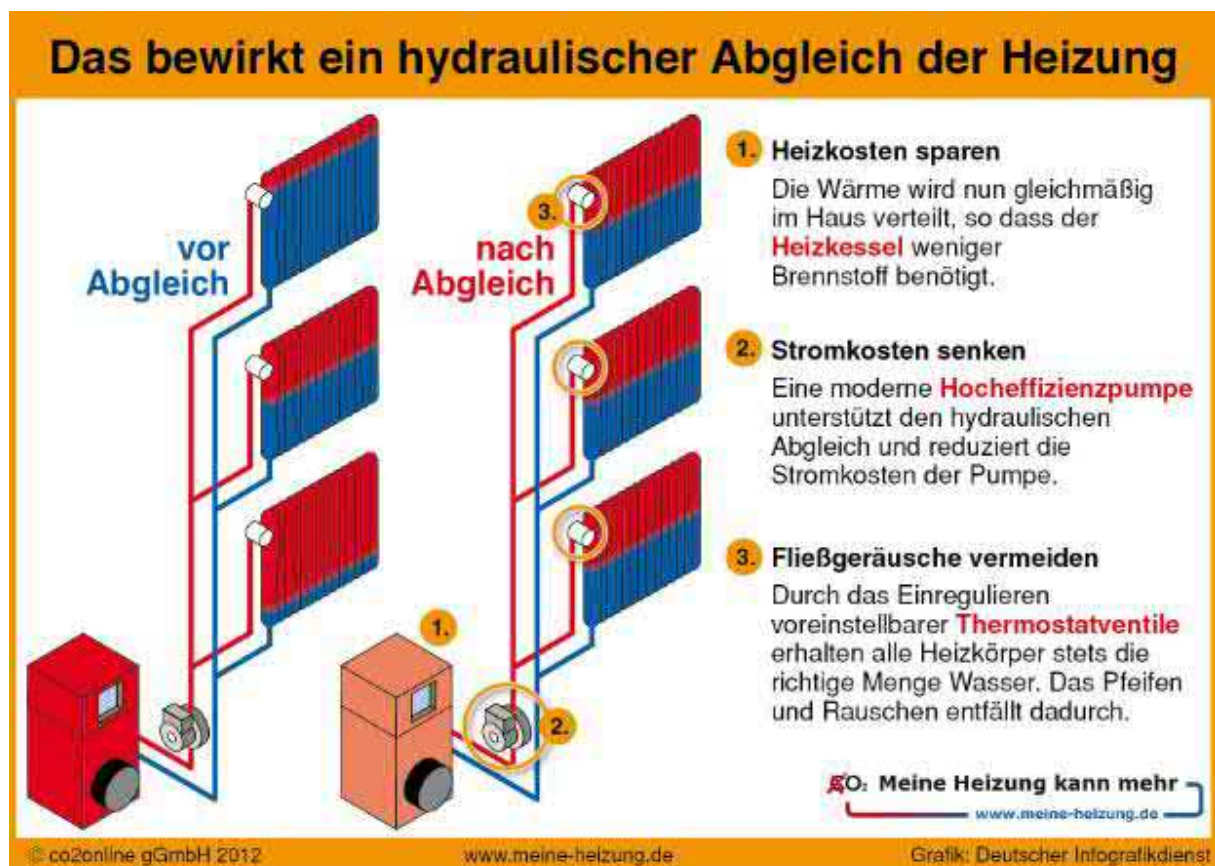


Abbildung 37 Hydraulischer Abgleich

2.2.1 Einsparung

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

Der derzeitige Endenergiebedarf von 172.100 kWh/Jahr reduziert sich auf 168.320 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.780 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und

gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 635 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 181 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.

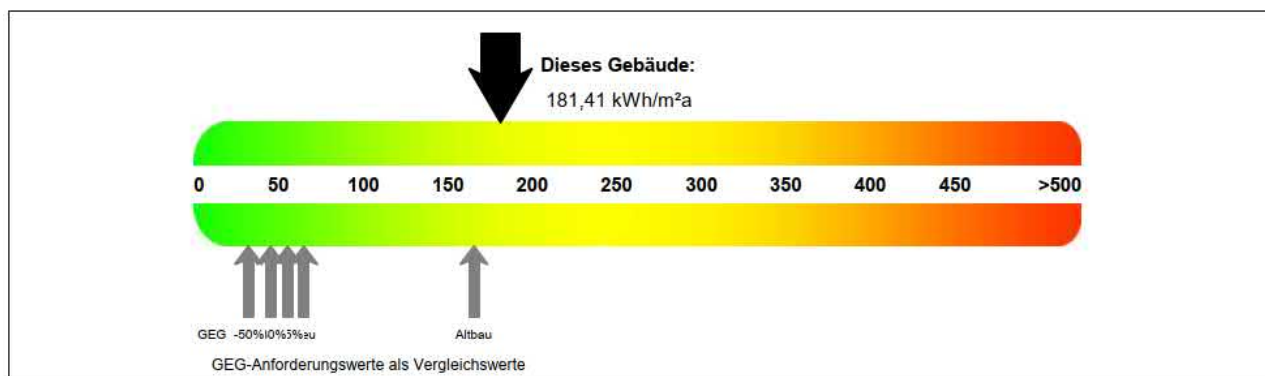


Abbildung 38 Gesamtbewertung (Variante 2)

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	13.992 m ³		-3 %
	13.619 m ³		-373 m ³
Strom (Hilfsenergie)	10.271 kWh		+5 %
	10.801 kWh		+530 kWh
Energiekosten (inkl. Betriebskosten)	29.566 €		-2 %
	29.057 €		-509 €

Abbildung 39 Brennstoff-Bedarf (Variante 2)

Emission

CO₂-Emissionen	40.742 kg		-2 %
	40.107 kg		-635 kg
SO ₂ -Emissionen	34,30 kg		
	34,28 kg		
NO _x -Emissionen	35,15 kg		-1 %
	34,68 kg		-0,47 kg

Gas: 12 Cent/kWh (brutto)

Strom: 34 Cent/kWh (brutto)

Abbildung 40 Emissionen (Variante 2)

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	109632	104191	0	0	5441	0
	113,29	107,67	0	0	5,62	0
Endenergie	168320	159576	0	0	8744	0
	173,94	164,91	0	0	9,04	0
Primärenergie	175542	159803	0	0	15739	0
	181,41	165,14	0	0	16,26	0

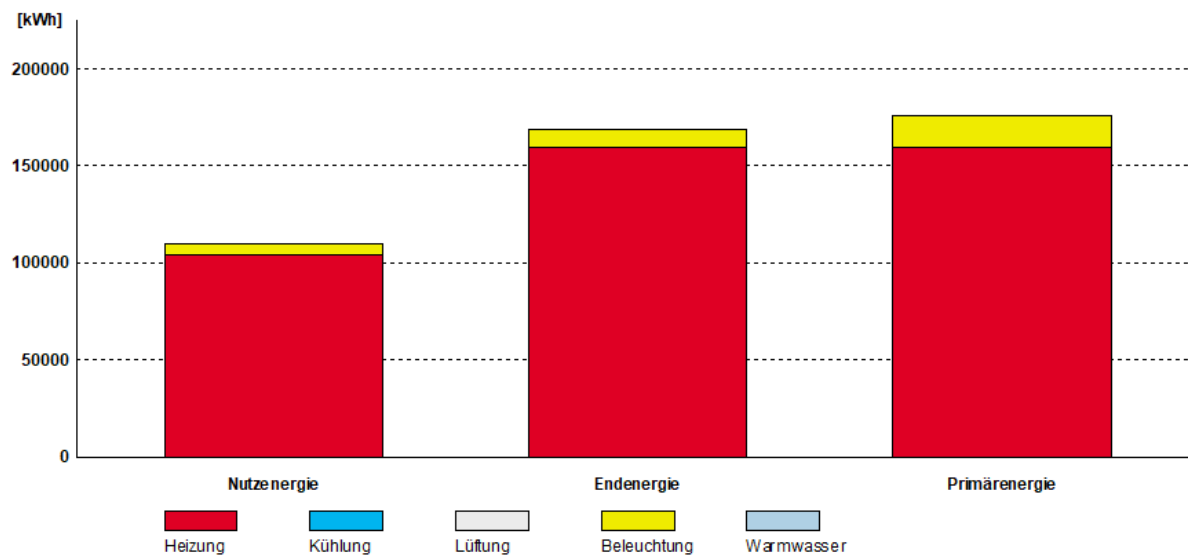


Abbildung 41 Energiebilanz (Variante 2)

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 €:

• Hydraulischer Abgleich pro. Heizkörper 85€ ca. 27 Stck.	2.295,-
• Baunebenkosten Ing. netto: (20% Förderung)	<u>573,-</u>
Summe netto € ca.:	2.868,-
<u>Mögliche Fördersumme (20 %)</u>	<u>459,-</u>
<u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u>	2.409,-
<u>inkl. MwSt. € ca.:</u>	<u>2.867,-</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 42 Beispiel einer Wärmepumpe + Gaskessel

2.3.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 54 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 172.100 kWh/Jahr reduziert sich auf 94.168 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 77.932 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 7.806 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 127 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.

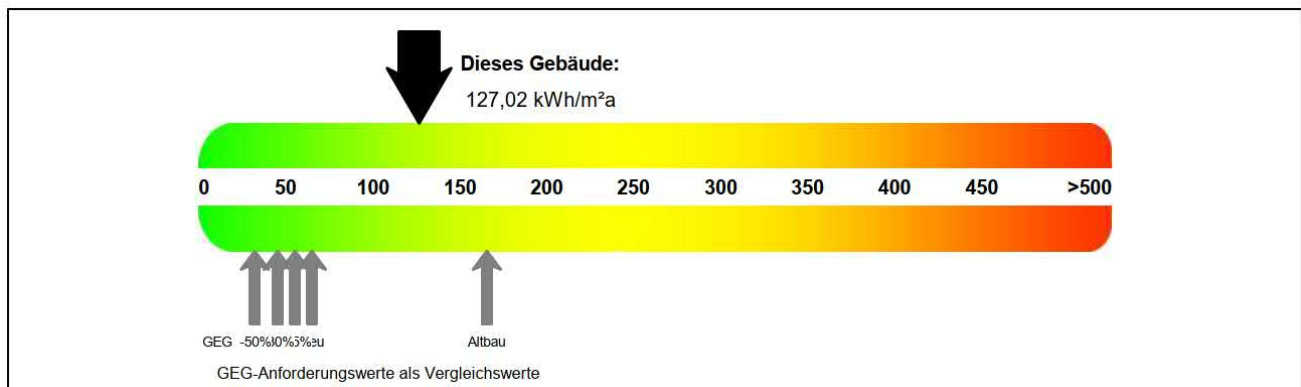


Abbildung 43 Gesamtbewertung (Variante 3)

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	13.992 m³	<div style="width: 64%;"></div>	-64 %
	4.979 m³	<div style="width: 36%;"></div>	-9.013 m³
Strom-Mix	27.087 kWh	<div style="width: 100%;"></div>	
Strom (Hilfsenergie)	10.271 kWh	<div style="width: 8%;"></div>	-8 %
	9.492 kWh	<div style="width: 75%;"></div>	-778 kWh
Energiekosten (inkl. Betriebskosten)	29.566 €	<div style="width: 26%;"></div>	-26 %
	21.883 €	<div style="width: 74%;"></div>	-7.684 €

Abbildung 44 Brennstoff-Bedarf (Variante 3)

Emission

CO2-Emissionen	40.742 kg	<div style="width: 19%;"></div>	-19 %
	32.936 kg	<div style="width: 81%;"></div>	-7.806 kg
SO2-Emissionen	34,30 kg	<div style="width: 58%;"></div>	+42 %
	48,79 kg	<div style="width: 100%;"></div>	+14,49 kg
NOx-Emissionen	35,15 kg	<div style="width: 10%;"></div>	-10 %
	31,70 kg	<div style="width: 90%;"></div>	-3,44 kg

Abbildung 45 Emissionen (Variante 3)

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	111094	106121	0	0	4973	0
	114,81	109,67	0	0	5,14	0
Endenergie	94168	85985	0	0	8182	0
	97,31	88,86	0	0	8,46	0
Primärenergie	122912	108185	0	0	14728	0
	127,02	111,80	0	0	15,22	0

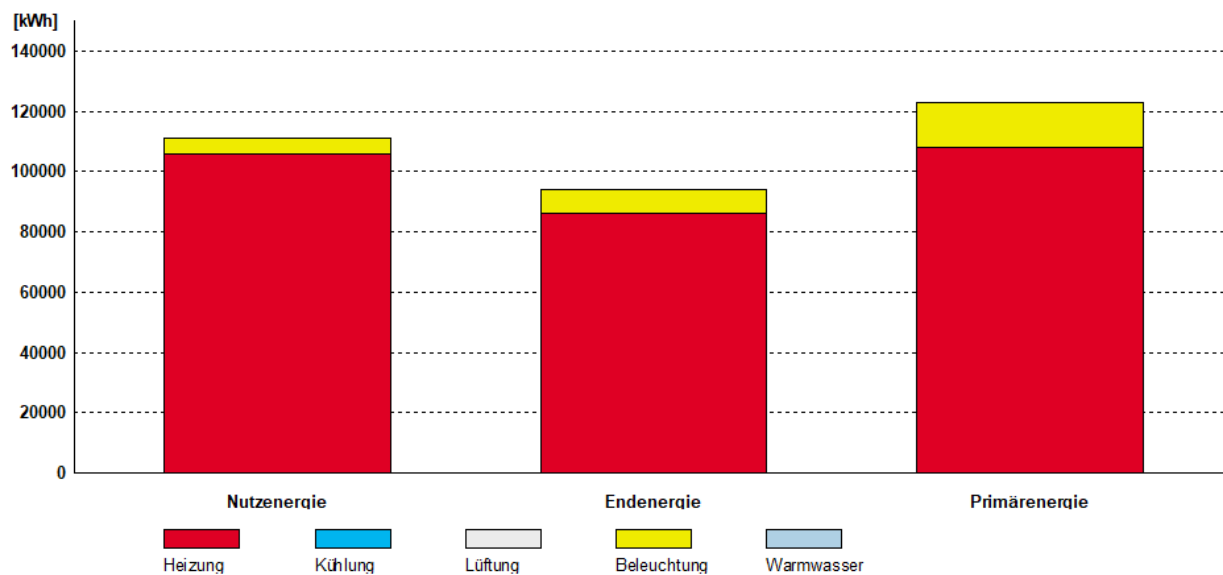


Abbildung 46 Energiebilanz (Variante 3)

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 14,7 kW (Anteil Leistung für A)	16.000,-
• Magnetit Schlammfang 400 l	6.500,-
• MSR Umbau	2.000,-
• Installation und Zubehör	10.000,-
• Demontage Gaskessel	1.500,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	9.000,-
Summe netto € ca.:	45.000,-
<u>Mögliche Fördersumme (30 %)</u>	<u>10.800,-</u>
<u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u>	<u>34.200,-</u>
<u>inkl. MwSt. € ca.:</u>	<u>40.698,-</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.

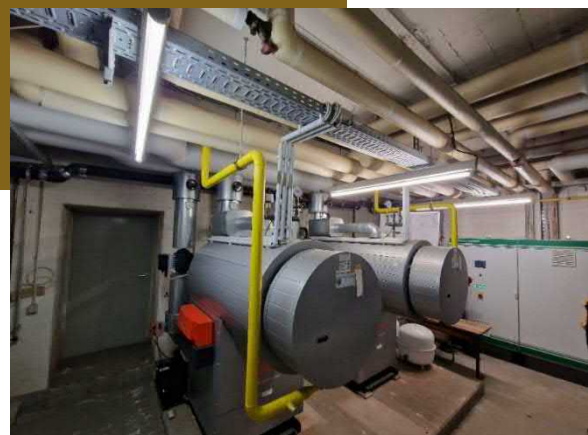
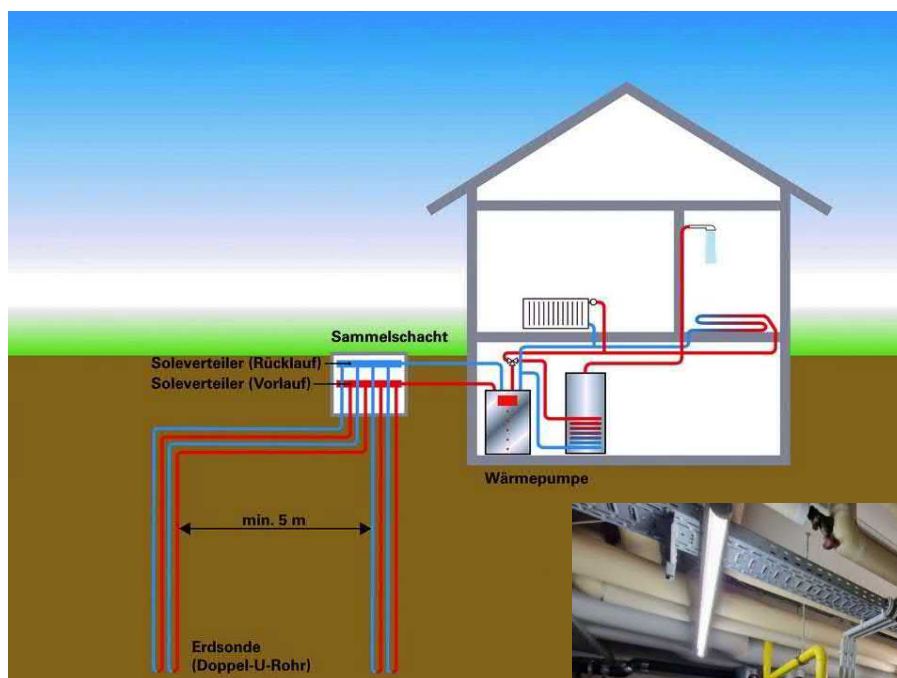


Abbildung 47 Sole-Wasser-Wärmepumpe Schema

2.4.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 54 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 172.100 kWh/Jahr reduziert sich auf 93.047 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 79.053 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 7.755 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 127 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.

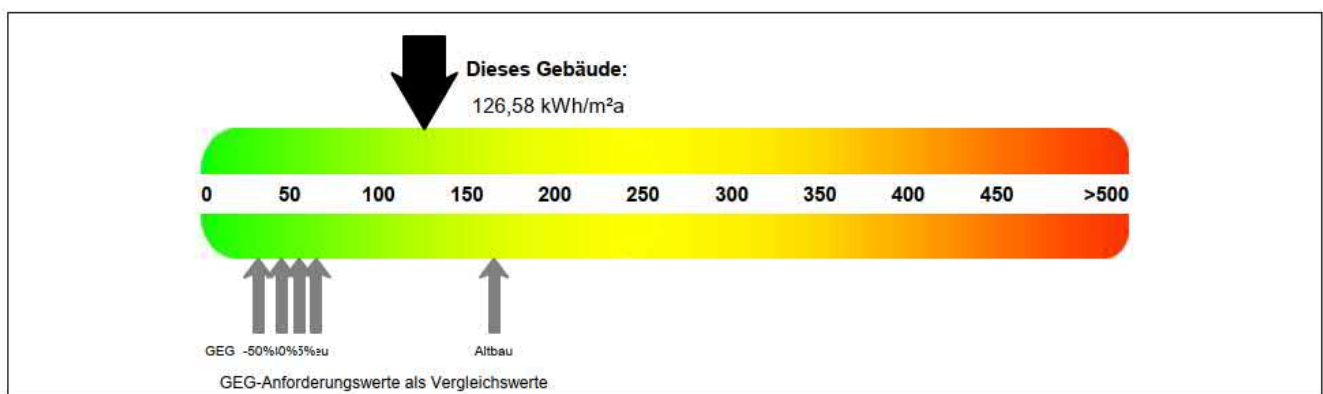


Abbildung 48 Gesamtbewertung (Variante 4)

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	13.992 m³	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: red;"></div>	-66 %
	4.809 m³	<div style="width: 34%; height: 10px; background-color: green;"></div>	-9.183 m³
Strom-Mix			
	19.890 kWh	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>	
Strom (Hilfsenergie)	10.271 kWh	<div style="width: 51%; height: 10px; background-color: red;"></div>	+71 %
	17.541 kWh	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>	+7.270 kWh
Energiekosten (inkl. Betriebskosten)			
	29.566 €	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: red;"></div>	-26 %
	21.857 €	<div style="width: 74%; height: 10px; background-color: green;"></div>	-7.710 €

Abbildung 49 Brennstoff-Bedarf (Variante 4)

Emission

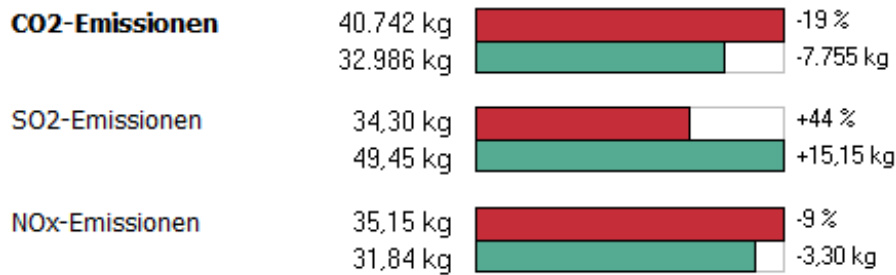


Abbildung 50 Emissionen (Variante 4)

Energiebilanz für das Gebäude:

	in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie		111094	106121	0	0	4973	0
		114,81	109,67	0	0	5,14	0
Endenergie		93047	84865	0	0	8182	0
		96,16	87,70	0	0	8,46	0
Primärenergie		122491	107763	0	0	14728	0
		126,58	111,36	0	0	15,22	0

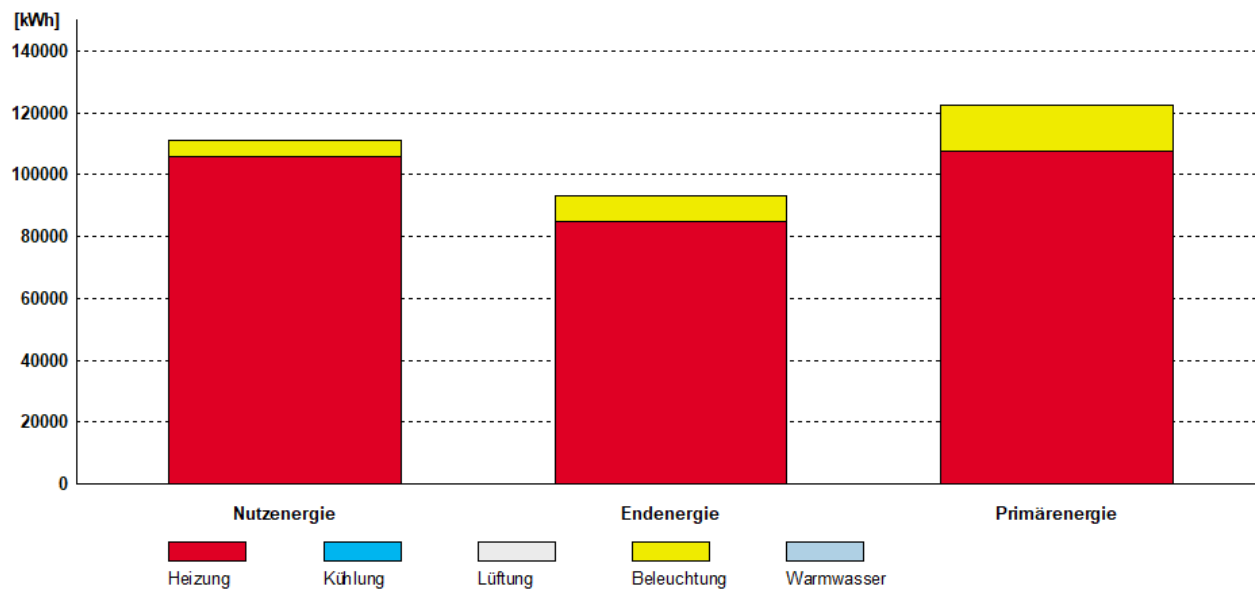


Abbildung 51 Energiebilanz (Variante 4)

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 11,4 kW (Anteil Leistung für A)	14.000,-
• Bohrung ca. 3 Stück inkl. Verrohrung	24.000,-
• Installation und Zubehör	10.000,-
• Magnetit Schlammfang 400 l	6.500,-
• MSR Umbau	2.000,-
• Demontage Gaskessel	1.500,-
Baunebenkosten Ing. netto €:	14.500,-
Summe netto € ca.:	72.500,-
<u>Mögliche Fördersumme (30 %)</u>	<u>17.400,-</u>
<u>Summe netto abzgl. Förderung ca.:</u>	<u>55.100,-</u>
<u>inkl. MwSt. € ca.:</u>	<u>65.569,-</u>

2.5 Variante 5: PV-Anlage

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

- Installation einer Photovoltaikanlage.

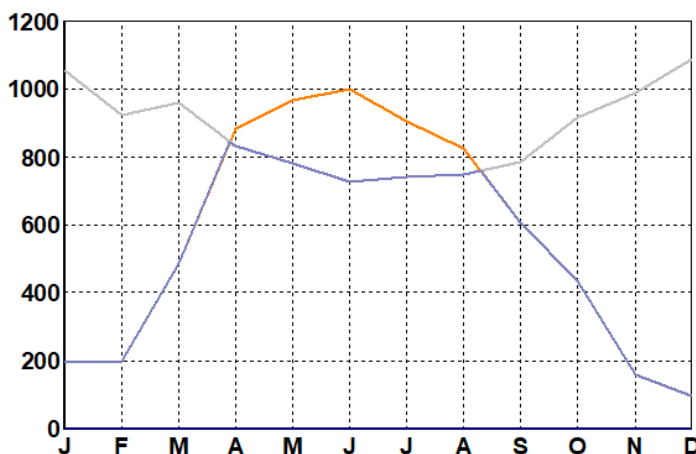
Mit einer PV-Anlage können dauerhaft eine Menge Kosten gespart werden. Die Strompreise steigen jedes Jahr und werden es wahrscheinlich auch weiterhin.



Abbildung 52 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.



Selbst nutzbarer PV-Ertrag

für erneuerbare Energien nach GEG / BEG - monatsweise Verrechnung

	Energiebilanz Q _p / GEG EE			BEG EE		
	PV-Ertrag	el. Bedarf	nutzbar	el. Bedarf	nutzbar	
Jan	196	1055	196	0	0	kWh
Feb	200	926	200	0	0	kWh
Mar	486	960	486	0	0	kWh
Apr	883	831	831	0	0	kWh
Mai	968	783	783	0	0	kWh
Jun	999	726	726	0	0	kWh
Jul	904	741	741	0	0	kWh
Aug	827	750	750	0	0	kWh
Sep	607	786	607	0	0	kWh
Okt	435	917	435	0	0	kWh
Nov	157	987	157	0	0	kWh
Dez	98	1088	98	0	0	kWh
Qf	6762	10550	6011	0	0	kWh
Primärenergie Q _p			10820	kWh = Q _f x 1,6		
CO ₂			3366	kg = Q _f x 0,560 kg/kWh		

Erneuerbare Energie GEG	Q _{f,PV}	6.011 kWh
Erneuerbare Energie BEG	Q _{f,PV}	0 kWh
Abzugswert für Q _p	Q _{p,PV}	10.613 kWh
	CO _{2,PV}	3.302 kg

Ausrichtung	Süd-Ost	
Neigung	30 °	
Gesamtfläche	A	50,00 m ²
Peakeistung	P _{pk}	9,10 kW
- pro m ²	K _{pk}	182,0 W/m ²

Abbildung 53 PV-Ertrag

2.5.1 Einsparung

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 4 %.



Abbildung 54 Beispiel Pv-Anlage

Der derzeitige Endenergiebedarf von 172.100 kWh/Jahr reduziert sich auf 166.196 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 5904 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.302 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 174 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.

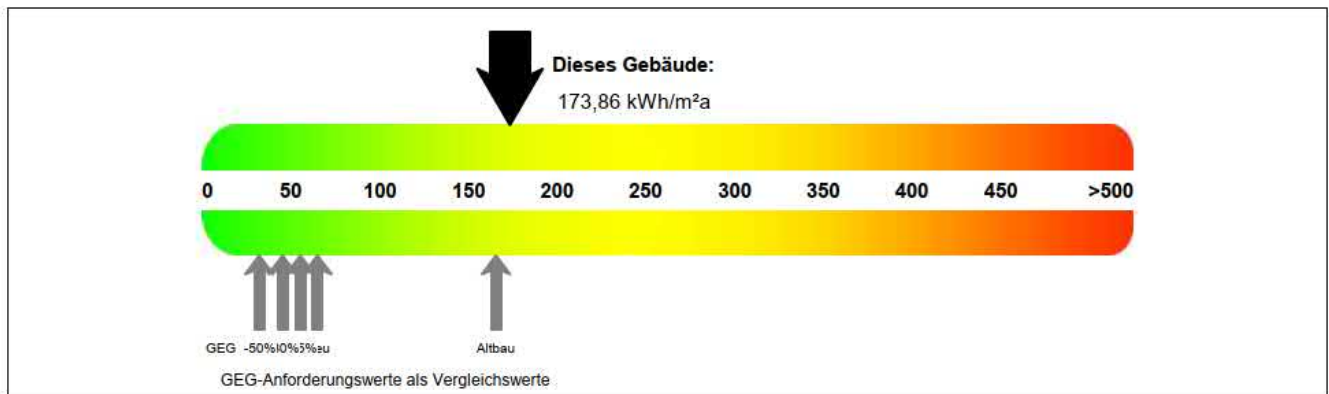


Abbildung 55 Gesamtbewertung (Variante 5)

Brennstoff-Bedarf

Erdgas E	13.992 m³		
	13.990 m³		
Strom (Hilfsenergie)	10.271 kWh		-57 %
	4.379 kWh		-5.891 kWh
Energiekosten (inkl. Betriebskosten)	29.566 €		-7 %
	27.561 €		-2.005 €

Abbildung 56 Brennstoff-Bedarf (Variante 5)

Emission

CO2-Emissionen	40.742 kg		-8 %
	37.440 kg		-3.302 kg
SO2-Emissionen	34,30 kg		-19 %
	27,75 kg		-6,55 kg
NOx-Emissionen	35,15 kg		-10 %
	31,71 kg		-3,44 kg

Abbildung 57 Emissionen (Variante 5)

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser	PV*
Nutzenergie	109589	104616	0	0	4973	0	0
	113,25	108,11	0	0	5,14	0	0
Endenergie	166196	163033	0	0	3162	0	(-5896)
	171,75	168,48	0	0	3,27	0	(-6,09)
Primärenergie	168242	162549	0	0	5692	0	(-10613)
	173,86	167,98	0	0	5,88	0	(-10,97)

* PV bereits in Endenergie / Primärenergie verrechnet

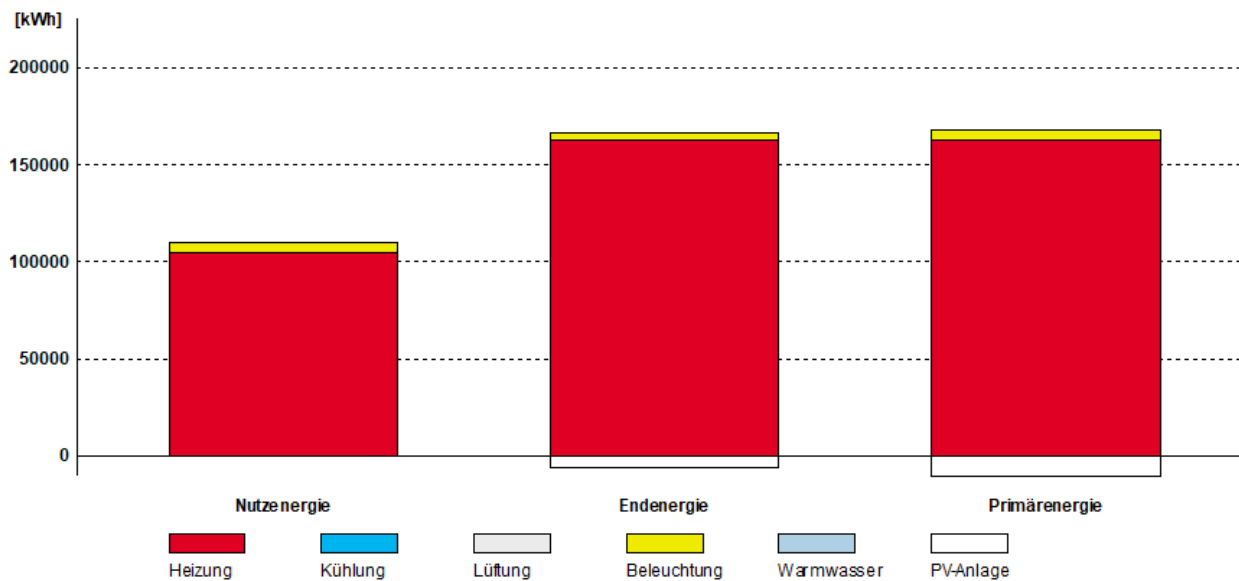


Abbildung 58 Energiebilanz (Variante 5)

2.5.2 Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Diese Effizienzmaßnahme ist nicht förderfähig.

2.5.3 Schätz-Investition €:

- PV-Anlage ca. 9 kWp 18.000,-

Baunebenkosten Ing. netto €: 4.500,-

Summe netto € ca.: 22.500,-

inkl. MwSt. € ca.: 26.775,-

3. Erzielbare Einsparungen durch die energetische Sanierung

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

3.1 Endenergiebedarf

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

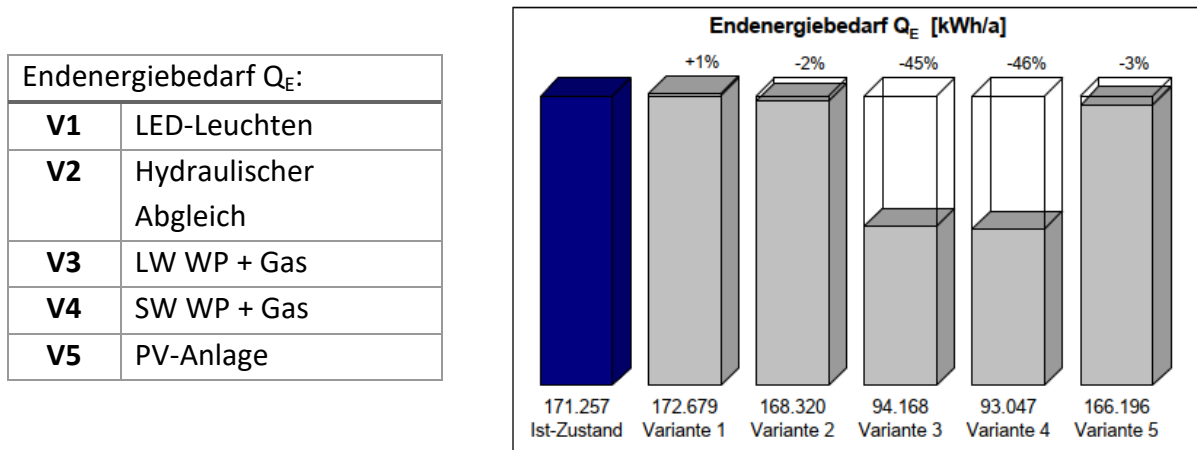


Abbildung 59 Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf

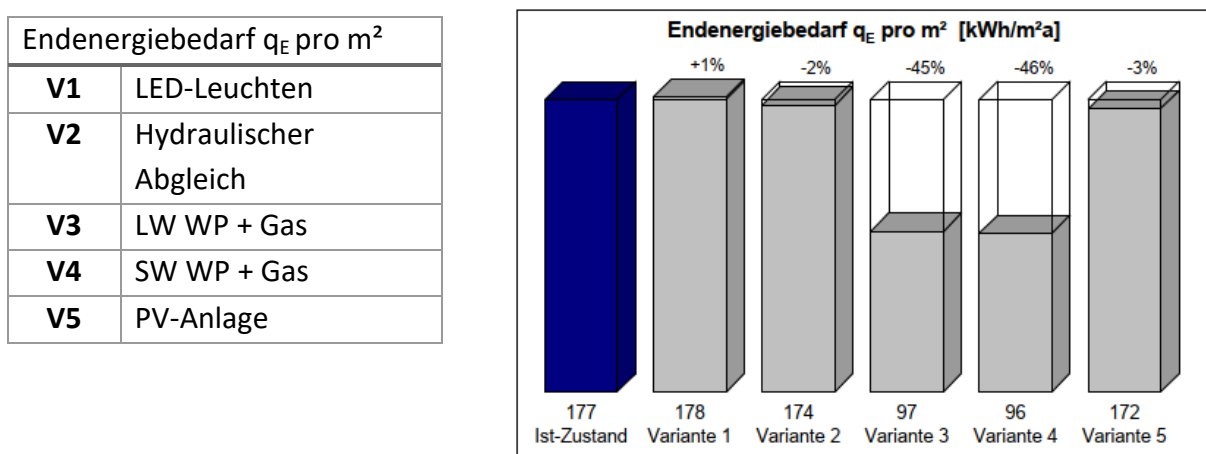


Abbildung 60 Erzielbare Einsparungen im Endenergiebedarf pro m^2

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	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

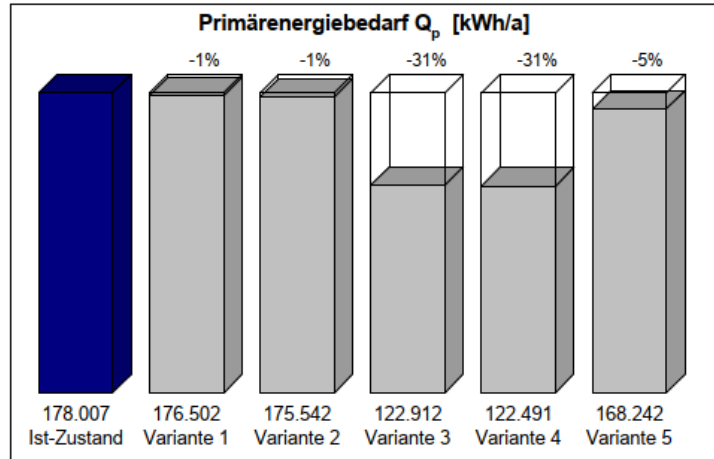


Abbildung 61 Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf q_p pro m^2 :	
V1	LED-Leuchten
V2	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

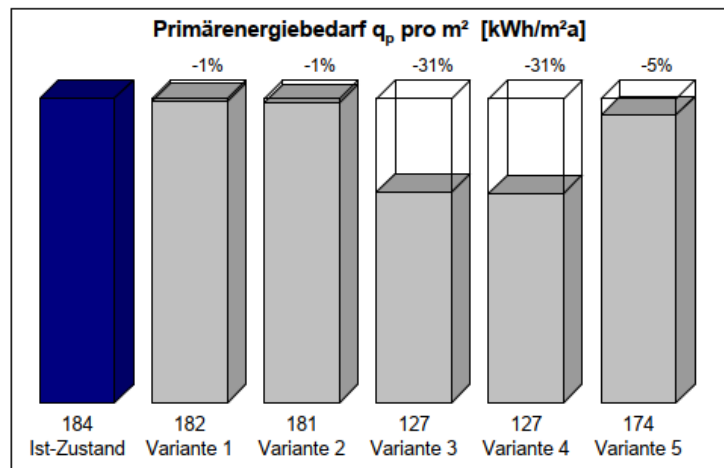


Abbildung 62 Erzielbare Einsparungen im Primärenergiebedarf pro m^2

3.3 Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf Q_b :	
V1	LED-Leuchten
V2	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

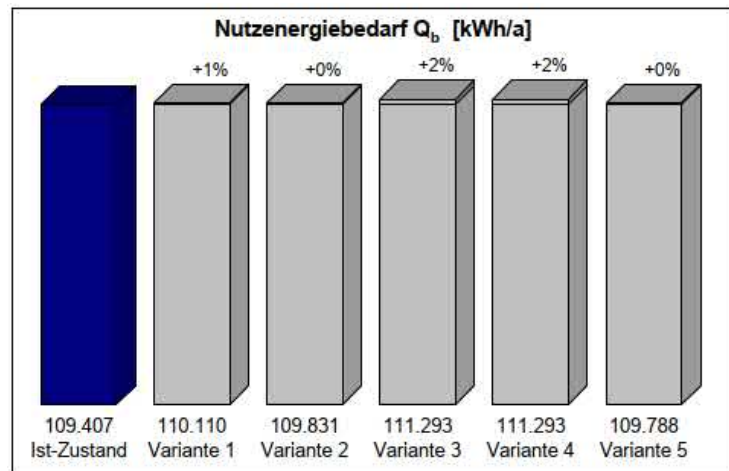


Abbildung 63 Erzielbare Einsparungen im Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf q_b pro m^2 :	
V1	LED-Leuchten
V2	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

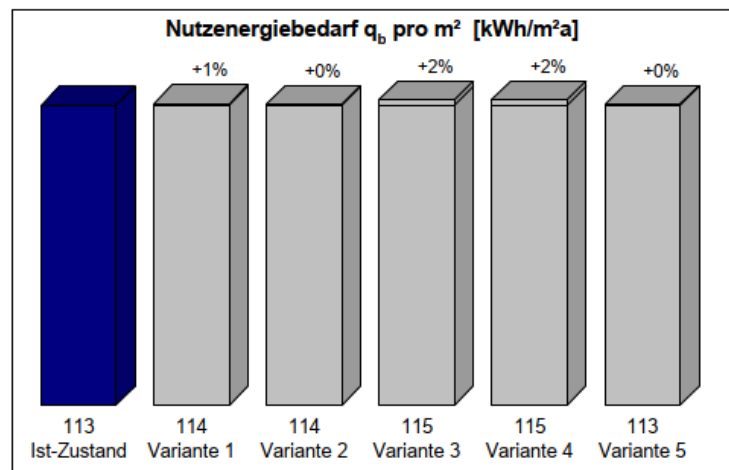


Abbildung 64 Erzielbare Einsparungen im Nutzenergiebedarf pro m^2

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	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

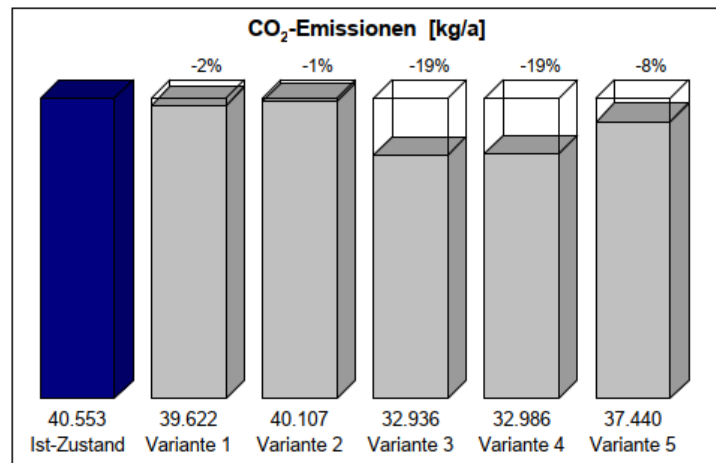


Abbildung 65 Erzielbare Einsparungen in Kohlenstoffdioxid-Emissionen

CO ₂ -Emissionen pro m ²	
V1	LED-Leuchten
V2	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

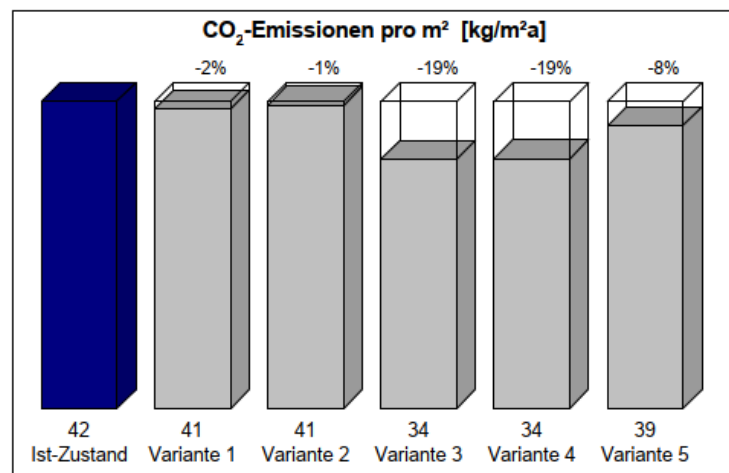


Abbildung 66 Erzielbare Einsparungen in Kohlenstoffdioxid-Emissionen pro m²

NO _x -Emissionen	
V1	LED-Leuchten
V2	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

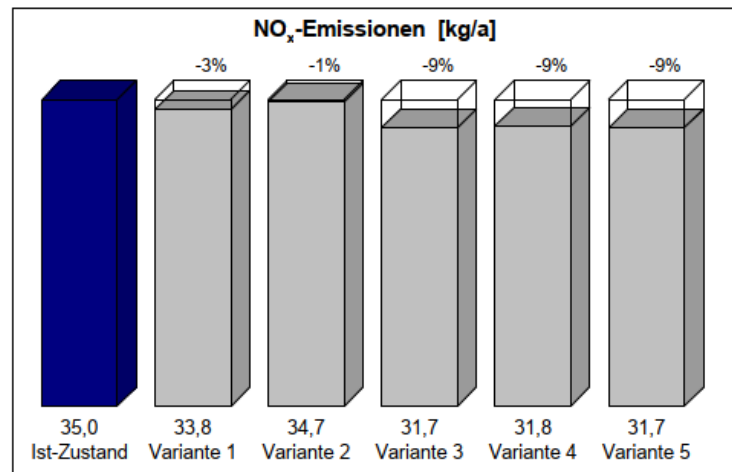


Abbildung 67 Erzielbare Einsparungen in Stickstoffdioxid -Emissionen

SO ₂ -Emissionen	
V1	LED-Leuchten
V2	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

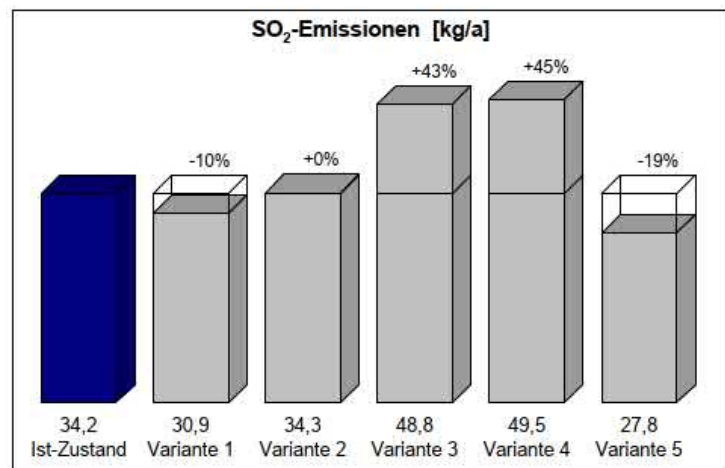


Abbildung 68 Erzielbare Einsparungen in Schwefeldioxid -Emissionen

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	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

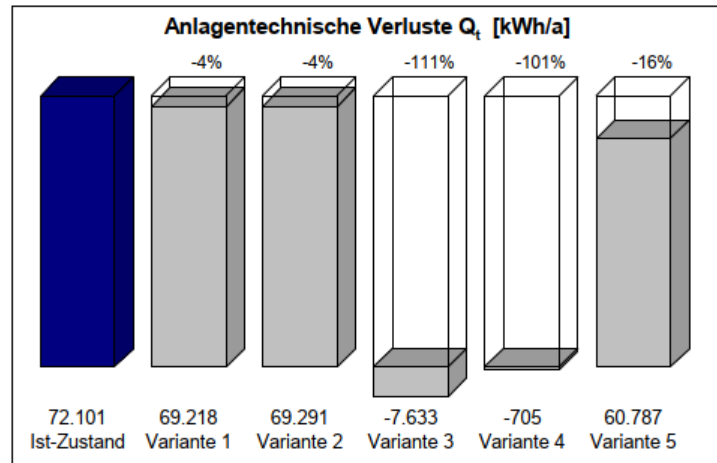


Abbildung 69 Erzielbare Einsparungen in den Anlagentechnischen Verlusten

Anlagentechnische Verluste Q_t :	
V1	LED-Leuchten
V2	Hydraulischer Abgleich
V3	LW WP + Gas
V4	SW WP + Gas
V5	PV-Anlage

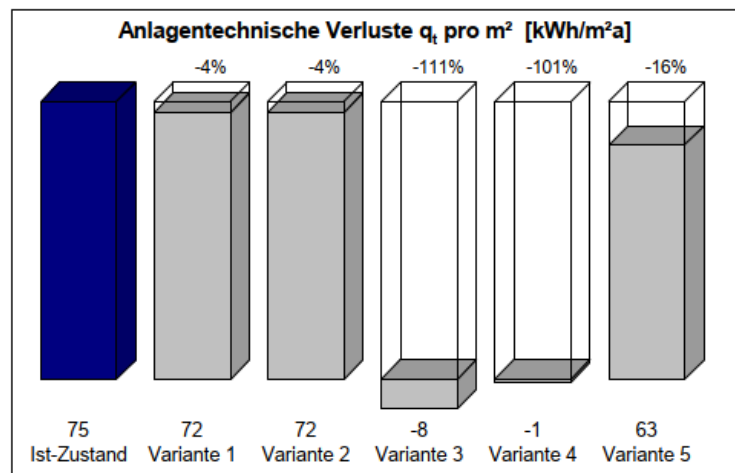


Abbildung 70 Erzielbare Einsparungen in den Anlagentechnischen Verlusten pro m^2

3.6 Brennstoffkosten

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

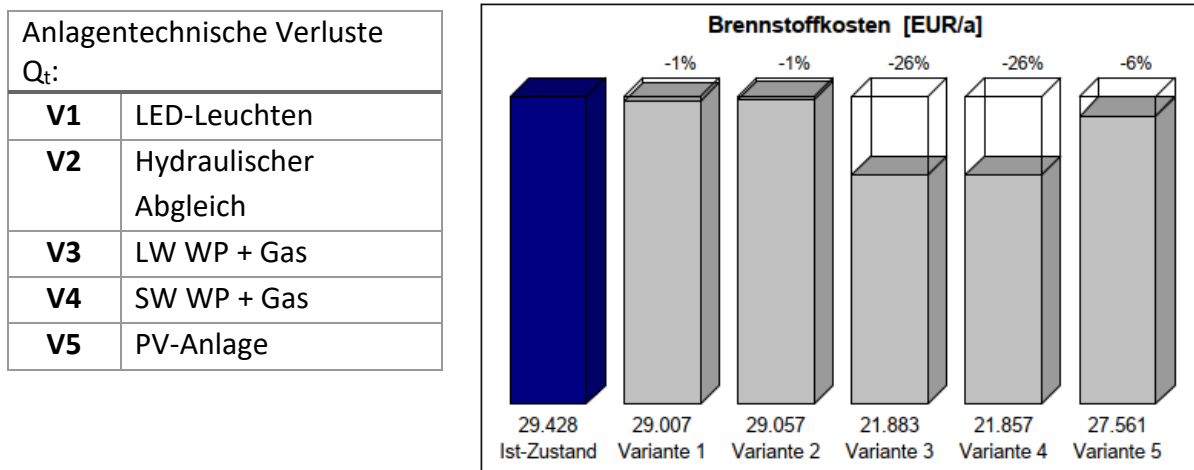


Abbildung 71 Brennstoffkosten

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

	Variante 1: LED-Lampen	Variante 2: Hydraulischer Abgleich	Variante 3: Luft-Wasser- Wärmepumpe	Variante 4: Sole-Wasser- Wärmepumpe	Variante 5: PV-Anlage
Investkosten (brutto) abzgl. Förderung BEG EM	11.745,-	2.867,-	40.698,-	65.569,-	26.775,-
Energiekosten:					
1 Jahr (brutto)	29.007,- 435.105,-	29.057,- 435.855,-	21.883,- 328.245,-	21.857,- 327.855,-	27.561,- 413.415,-
15 Jahre (brutto)					
Wartungskosten					
1 Jahr (brutto)	0,-	0,-	800,-	1.400,-	600,-
15 Jahre (brutto)	0,-	0,-	12.000,-	21.000,-	9.000,-
Summe Kosten (brutto)	29.007,-	29.057,-	22.683,-	23.257,-	28.161,-
15 Jahre (brutto)	435.105,-	438.855,-	340.245,-	348.855,-	422.415,-
Gesamtkosten (brutto) inkl. Investkosten abzgl. Förderung 15 Jahre	446.850,-	438.722,-	380.943,-	414.424,-	449.190,-
Amortisation (Jahre)	21	6	6	10	19

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: 800 Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 40.698 Euro. Wartungskosten in Höhe von 2 Prozent pro Jahr der Investitionskosten der Luft-Wasser-Wärmepumpe) - Photovoltaik-Anlage: 600 Euro pro Jahr (Investitionskosten in Höhe von 26.775 Euro. Wartungskosten in Höhe von 2 Prozent pro Jahr der Investitionskosten der Luft-Wasser-Wärmepumpe). 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 65.569 Euro. Wartungskosten in Höhe von 2,1 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. 26%. 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. 19 % sinken. Dies erklärt zum größten Teil die Reduktion der Primärenergie von ca. 32%.