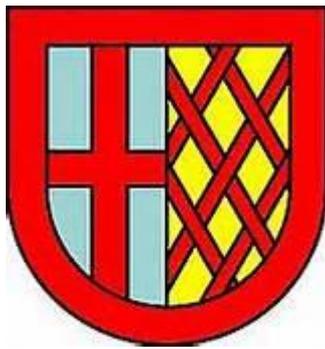




Klimaschutzteilkonzept

für die
Verbandsgemeinde
Daun



Baustein 3 Feinanalyse

- Pavillonklassen GS Daun
- Umkleidegebäude Daun
- Anbau zur alten Grundschule Gillenfeld
- Grundschule Üdersdorf
- Feuerwehrhaus Daun

Auftraggeber:
Verbandsgemeinde Daun
Leopoldstr. 29
54550 Daun

Januar 2016



Förderung

Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Nationale Klimaschutzinitiative (BMU),
Förderkennzeichen: FKZ 03KF7551

Klimaschutzteilkonzept Eigene Liegenschaften
Verbandsgemeinde Daun

<http://www.bmu-klimaschutzinitiative.de/>
<http://www.ptj.de/Klimaschutzinitiative>



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Konzepterstellung:

IBS Ingenieurbüro Stappenbeck GbR

In den Brunnenwiesen 10, 69245 Bammental

<http://www.ibs-stappenbeck.de>

Projektleitung: Friedhelm Stappenbeck, Dipl.-Ing.Versorgungstechnik

Projektbearbeitung: Frank Nennstiel, Energieberater TGA
Stefan Rajcsanyi, Energieberater

Inhaltsverzeichnis

| | Seiten |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Vorbemerkungen | 7 – 8 |
| 1. Grundschule/Pavillonklassen Daun | 9 – 46 |
| 1.1 Zusammenfassende Darstellung | 10 – 14 |
| 1.1.1 Allgemein | 10 – 11 |
| 1.1.1.1 Zustand des Gebäudes | 10 |
| 1.1.1.2 Technische Energiesparmaßnahmen | 10 – 11 |
| 1.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen | 11 – 12 |
| 1.1.2.1 Kosten-/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen | 11 – 12 |
| 1.1.3 CO ₂ -Einsparungen | 12 |
| 1.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse | 13 – 14 |
| 1.2 Energieverbrauch | 15 |
| 1.2.1 Energieverbrauch und –kosten über drei Heizperioden | 15 |
| 1.3 Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung | 16 – 23 |
| 1.3.1 Gebäude | 16 – 19 |
| 1.3.1.1 Bauweise | 16 |
| 1.3.1.2 Gebäudehülle | 16 |
| 1.3.1.3 Fotografische Darstellung des Gebäudes | 17 – 19 |
| 1.3.1.4 Baulicher und wärmetechnischer Zustand | 20 |
| 1.3.1.5 Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle | 20 – 21 |
| 1.3.1.6 Bewertung der Gebäudehülle | 21 |
| 1.3.2 Anlagentechnik | 22 – 23 |
| 1.4 Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes | 24 – 25 |
| 1.4.1 Energiebilanz Ist-Zustand | 24 – 25 |
| 1.5 Bewertung des Gebäudes | 26 |
| 1.6 Energetisches Sanierungskonzept | 27 – 46 |
| 1.6.1 Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung | 27 – 46 |
| 2. Umkleidegebäude Daun | 47 – 83 |
| 2.1 Zusammenfassende Darstellung | 48 – 52 |
| 2.1.1 Allgemein | 48 – 49 |
| 2.1.1.1 Zustand des Gebäudes | 48 |
| 2.1.1.2 Energiesparmaßnahmen | 48 – 49 |
| 2.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen | 49 |
| 2.1.2.1 Kosten-/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen | 49 – 50 |
| 2.1.3 CO ₂ -Einsparungen | 50 |
| 2.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse | 51 – 52 |

| | | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 2.2 | Energieverbrauch | 53 |
| 2.2.1 | Energieverbrauch und –kosten über drei Heizperioden | 53 |
| 2.3 | Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung | 54 – 59 |
| 2.3.1 | Gebäude | 54 – 59 |
| 2.3.1.1 | Bauweise | 54 |
| 2.3.1.2 | Gebäudehülle | 54 |
| 2.3.1.3 | Fotografische Darstellung des Gebäudes | 55 – 58 |
| 2.3.1.4 | Baulicher und wärmetechnischer Zustand | 58 |
| 2.3.1.5 | Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle | 59 |
| 2.3.1.6 | Bewertung der Gebäudehülle | 59 |
| 2.4 | Anlagentechnik | 60 – 61 |
| 2.4.1 | Heizungsanlage | 60 – 61 |
| 2.5 | Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes | 62 – 63 |
| 2.5.1 | Energiebilanz Ist-Zustand | 62 – 63 |
| 2.6 | Bewertung des Gebäudes | 64 |
| 2.7 | Energetisches Sanierungskonzept | 65 – 83 |
| 2.7.1 | Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung | 65 – 83 |
| 3. | Anbau alte Grundschule Daun-Gillenfeld | 84 – 123 |
| 3.1 | Zusammenfassende Darstellung | 85 – 89 |
| 3.1.1 | Allgemein | 85 |
| 3.1.1.1 | Zustand des Gebäudes | 85 |
| 3.1.2 | Energiesparmaßnahmen | 85 – 86 |
| 3.1.2 | Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen | 86 – 87 |
| 3.1.2.1 | Kosten-/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen | 86 – 87 |
| 3.1.3 | CO ₂ -Einsparungen | 87 |
| 3.1.4 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 88 – 89 |
| 3.2 | Energieverbrauch | 90 |
| 3.2.1 | Energieverbrauch und –kosten über drei Heizperioden | 90 |
| 3.3 | Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung | 91 – 96 |
| 3.3.1 | Gebäude | 91 – 96 |
| 3.3.1.1 | Bauweise | 91 |
| 3.3.1.2 | Gebäudehülle | 91 |
| 3.3.1.3 | Fotografische Darstellung des Gebäudes | 92 – 94 |
| 3.3.1.4 | Baulicher und wärmetechnischer Zustand | 95 |
| 3.3.1.5 | Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle | 96 |
| 3.3.1.6 | Bewertung der Gebäudehülle | 96 |

| | | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 3.4 | Anlagentechnik | 97 – 98 |
| 3.4.1 | Heizungsanlage | 97 – 98 |
| 3.5 | Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes | 99 – 100 |
| 3.5.1 | Energiebilanz Ist-Zustand | 99 – 100 |
| 3.6 | Bewertung des Gebäudes | 101 |
| 3.7 | Energetisches Sanierungskonzept | 102 – 123 |
| 3.7.1 | Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung | 102 – 123 |
| | | |
| 4. | Grundschule Daun-Üdersdorf | 124 – 143 |
| 4.1 | Zusammenfassende Darstellung | 125 – 128 |
| 4.1.1 | Allgemein | 125 |
| 4.1.1.1 | Zustand des Gebäudes | 125 |
| 4.1.1.2 | Energiesparmaßnahmen | 125 |
| 4.1.2 | Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen | 126 |
| 4.1.2.1 | Kosten-/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen | 126 |
| 4.1.3 | CO ₂ -Einsparungen | 126 |
| 4.1.4 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 127 – 128 |
| 4.2 | Energieverbrauch | 129 |
| 4.2.1 | Energieverbrauch und –kosten über drei Heizperioden | 129 |
| 4.3 | Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung | 130 – 135 |
| 4.3.1 | Gebäude | 130 – 135 |
| 4.3.1.1 | Bauweise | 130 |
| 4.3.1.2 | Gebäudehülle | 130 |
| 4.3.1.3 | Fotografische Darstellung des Gebäudes | 131 – 133 |
| 4.3.1.4 | Baulicher und wärmetechnischer Zustand | 134 |
| 4.3.1.5 | Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle | 135 |
| 4.3.1.6 | Bewertung der Gebäudehülle | 135 |
| 4.4 | Anlagentechnik | 136 – 137 |
| 4.4.1 | Heizungsanlage | 136 – 137 |
| 4.5 | Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes | 138 – 139 |
| 4.5.1 | Energiebilanz Ist-Zustand | 138 – 139 |

| | | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 4.6 | Bewertung des Gebäudes | 139 |
| 4.7 | Energetisches Sanierungskonzept | 140 – 143 |
| 4.7.1 | Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung | 140 – 143 |
| 5. | Feuerwehr Daun | 144 – 164 |
| 5.1 | Zusammenfassende Darstellung | 145 – 148 |
| 5.1.1 | Allgemein | 145 |
| 5.1.1.1 | Zustand des Gebäudes | 145 |
| 5.1.1.2 | Energiesparmaßnahmen | 145 |
| 5.1.2 | Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen | 146 |
| 5.1.2.1 | Kosten-/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen | 146 |
| 5.1.3 | CO ₂ -Einsparungen | 146 |
| 5.1.4 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 147 – 148 |
| 5.2 | Energieverbrauch | 149 |
| 5.2.1 | Energieverbrauch und –kosten über drei Heizperioden | 149 |
| 5.3 | Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung | 150 – 155 |
| 5.3.1 | Gebäude | 150 – 155 |
| 5.3.1.1 | Bauweise | 150 |
| 5.3.1.2 | Gebäudehülle | 150 |
| 5.3.1.3 | Fotografische Darstellung des Gebäudes | 151 – 153 |
| 5.3.1.4 | Baulicher und wärmetechnischer Zustand | 154 |
| 5.3.1.5 | Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle | 155 |
| 5.3.1.6 | Bewertung der Gebäudehülle | 155 |
| 5.4 | Anlagentechnik | 156 – 157 |
| 5.4.1 | Heizungsanlage | 156 – 157 |
| 5.5 | Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes | 158 – 159 |
| 5.5.1 | Energiebilanz Ist-Zustand | 158 – 159 |
| 5.6 | Bewertung des Gebäudes | 160 |
| 5.7 | Energetisches Sanierungskonzept | 161 – 164 |
| 5.7.1 | Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung | 161 – 164 |

Vorbemerkungen

Die Feinanalyse soll auf Basis einer möglichst genauen Ist-Analyse des Gebäudes mögliche Sanierungsmaßnahmen aufzeigen. Diese Maßnahmen werden in Bezug auf die zu erzielende Energie- und CO₂-Einsparung und die damit verbundenen Kosten beurteilt und verglichen. Damit entstehen für das Gebäude Entscheidungshilfen zu ökologisch und wirtschaftlich sinnvollen Energiesparmaßnahmen.

Ziel einer Modernisierungsplanung muss es sein ein Höchstmaß an Wärmeschutz (Wärmedämmung) effizienter Technik zu erreichen und den verbleibenden Energiebedarf zu einem hohen Anteil, mit einheimischen regenerativen Energien zu decken.

Durch eine konsequente nachträgliche Wärmedämmung, und den Einsatz energieeffizienter Anlagensysteme wird der Bedarf an fossilen Energieträgern wie Heizöl und Erdgas auf ein Minimum reduziert.

Die Feinanalyse soll beim Erkennen von Energieeinsparpotentialen helfen und Lösungen für den Einsatz von regenerativen Energien aufzeigen.

Die Feinanalyse soll dabei unterstützen, Möglichkeiten für Energiesparmaßnahmen zu erkennen. Die Umsetzung der Energiesparmaßnahmen erspart wertvolle Rohstoffe, hilft der Umwelt durch die Vermeidung von Schadstoffemissionen und trägt dazu bei, Brennstoffkosten zu reduzieren. Der Komfort und der Wert des Gebäudes werden sich erhöhen. Energiesparmaßnahmen sind somit eine gute und sichere Anlage für Ihre Zukunft.

Treibhausgase

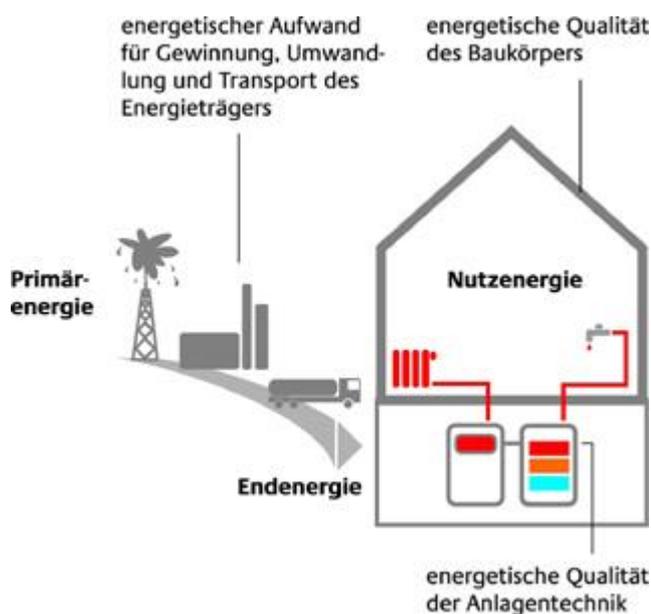
Bei jeder Nutzung von Energieträgern als Brennstoff wird CO₂ freigesetzt. Die dabei entstehende Menge an CO₂ hängt zum einen von der Art, zum anderen von der Menge des verbrannten Brennstoffs ab. So werden z. B. bei der Verwendung von Heizöl je verheiztem Liter Brennstoff etwa 3 kg CO₂ und bei der Erzeugung 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.

Energieeinsparverordnung EnEV

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

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

Während z.B. der nicht erneuerbare Anteil des Primärenergieinhalts von Holz oder Holzpellets weniger als 1/5 des Primärenergieinhalts von Heizöl oder Erdgas beträgt, liegt der Primärenergieinhalt von Strom beim 2,6-fachen.



Hinweis

Erklärung des Unterschieds zwischen Endenergiebedarf und individuellem Endenergieverbrauch vor Sanierung und Darlegung der möglichen Auswirkungen auf die tatsächliche Energieeinsparung nach Sanierung.

Bei der Berechnung des Energiebedarfs eines Gebäudes wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen (Norm-Standort) ausgegangen, um den Energiebedarf unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können. Bei den Angaben zum Energieverbrauch fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das führt zu erheblichen Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch.

1. Grundschule Daun Pavillonklassen



Gebäude: Pavillonklassen der Grundschule Daun
Freiherr-vom-Stein-Str. 3
54550 Daun

Auftraggeber: Verbandsgemeinde Daun
Leopoldstraße 29
54550 Daun

Erstellt von: IBS Ingenieurbüro Stappenbeck GbR
In den Brunnenwiesen 10
69245 Bammental

1.1 Zusammenfassende Darstellung

1.1.1 Allgemein

Für die Pavillonklassen der Grundschule Daun wurde auf der Grundlage einer Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Plänen und Unterlagen eine Feinanalyse zum Klimaschutzteilkonzept, Baustein 3, durchgeführt.

Hierzu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschosdecken und Dachflächen, sowie den Lüftungswärmeverlusten und den Verlusten in der Heizungsanlage, sowie denen der Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen zur Sanierung erarbeitet.

Die Effektivität wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung (End- und Primärenergie), Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) und Schadstoffbelastung (Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxid (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂)) der Maßnahmen beurteilt.

1.1.1.1 Zustand des Gebäudes

Die Pavillonklassen befinden sich in einem bauphysikalisch sanierungsbedürftigen Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1960. Das Satteldach ist bis auf Pavillonklassen 1 ungedämmt. Bei den Pavillonklassen 1 wurde die obere Geschosdecke gedämmt mit 10 cm Styropor. Die alten Fenster wurden teilweise gegen neue isolierverglaste Fenster ersetzt. Die Außenwand ist ungedämmt. Sinnvolle und wirtschaftliche bauphysikalische Maßnahmen ergeben sich daher.

1.1.1.2 Technische Energiesparmaßnahmen

Es werden weitere Einsparungsmaßnahmen im technischen Bereich vorgeschlagen. Diese sind im Berichtsteil für Baustein 1 und 2 enthalten. Dabei ist es sinnvoll, die Sanierungsmaßnahmen

- baulich optimal aufeinander abzustimmen,
- die Investitionskosten für das Gesamtpaket der empfohlenen Maßnahmen so gering wie möglich zu halten und
- Förderprogramme optimal auszunutzen.

Wir empfehlen deshalb die Durchführung aller Maßnahmen in einem Zug.

Übersicht aller Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen

| Maßnahme | Ausführungsempfehlung | Maßnahmenkombination 1 |
|----------------|-------------------------------|------------------------|
| Außenwände | Fassadendämmung | X |
| Fenster, Türen | Sanierung der alten Fenster | X |
| Dach | Dachdämmung mit Neueindeckung | X |
| Kellerdecke | Dämmung der Kellerdecke | X |

1.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

1.1.2.1 Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Energiekosteneinsparung und die notwendige Investition (ohne Planungskosten) dargestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten zur Energiekosteneinsparung ergibt sich das Kosten/ Nutzen-Verhältnis. Dies entspricht einer statischen Amortisation ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreissteigerungen und dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen untereinander.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 126.000 kWh/a. Er liegt damit bei -41,2% des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch mit diesen Faktor berechnet.

| Maßnahme | Einsparung €/a | Investitions- kosten € | Amortisation Jahre |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Dachdämmung | 1.686,00 | 124.800,00 | 74 |
| Fassadendämmung | 2.134,00 | 72.000,00 | 34 |
| Dämmung Kellerdecke | 671,00 | 6.000,00 | 9 |
| Fenstersanierung | 2.025,00 | 84.000,00 | 41 |
| Summe | 6.576,00 | 286.800,00 | 44 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

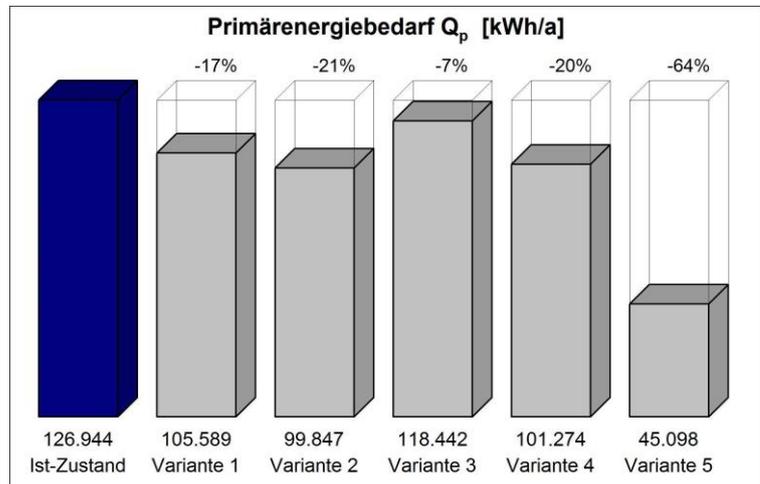
1.1.3 CO₂-Einsparungen

Die CO₂-Reduzierung bei Realisierung aller Maßnahmen beträgt 18.070 kg pro Jahr.

1.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

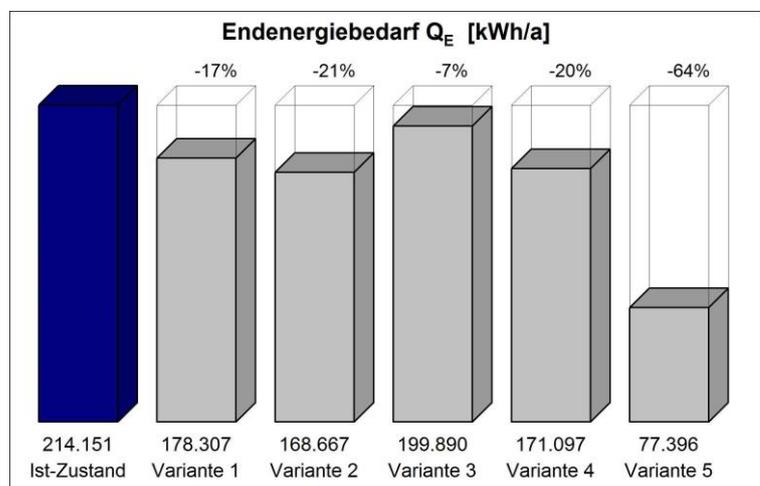
Primärenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Dämmung der Kellerdecke
- Var.4 - Fenstersanierung
- Var.5 - Alle Maßnahmen



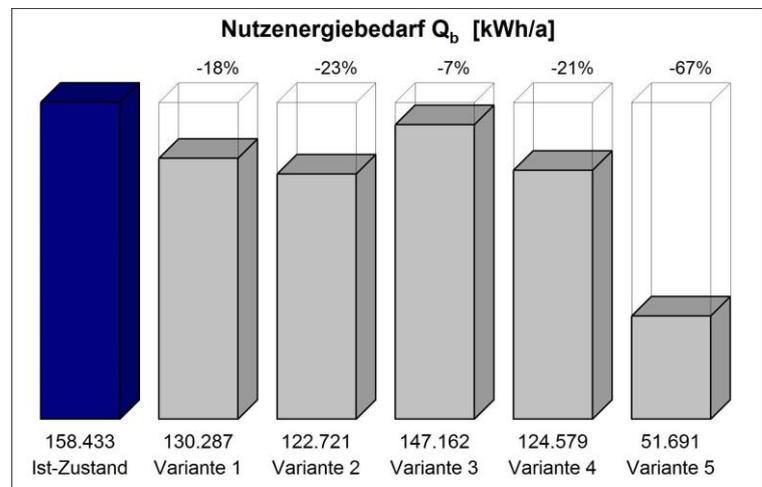
Endenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Dämmung der Kellerdecke
- Var.4 - Fenstersanierung
- Var.5 - Alle Maßnahmen



Nutzenergiebedarf

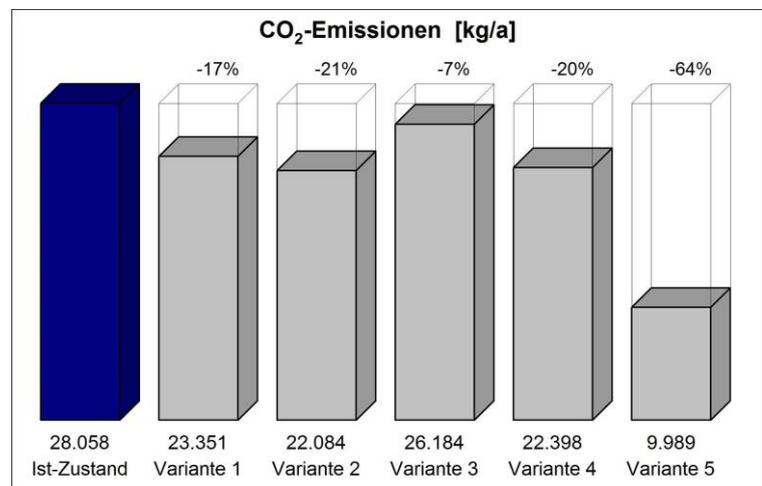
- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Dämmung der Kellerdecke
- Var.4 - Fenstersanierung
- Var.5 - Alle Maßnahmen



Schadstoff-Emissionen

CO₂-Emissionen

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Dämmung der Kellerdecke
- Var.4 - Fenstersanierung
- Var.5 - Alle Maßnahmen



1.2 Energieverbrauch

Erklärung des Unterschieds zwischen Endenergiebedarf und individuellem Endenergieverbrauch vor Sanierung und Darlegung der möglichen Auswirkungen auf die tatsächliche Energieeinsparung nach Sanierung.

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten die Raumtemperaturen und Anzahl bzw. Größe der beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss.

- mittlere Innentemperatur
- Luftwechselrate
- interne Wärmegewinne
- Warmwasser-Wärmebedarf

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

Bei den Angaben zum Energieverbrauch fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das führt zu erheblichen Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

1.2.1 Energieverbrauch und –kosten über drei Heizperioden

Verbrauchsangaben

Mit dem tatsächlichen Energieverbrauch, ermittelt aus den Verbrauchsmessungen über die letzten 3 Jahre (Heizperioden), werden das individuelle Nutzerverhalten der Bewohner und der Standort des Gebäudes (Klima) berücksichtigt. Die Verbrauchsangaben weichen deshalb von den unter EnEV-Standard-Randbedingungen berechneten Werten ab.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 126.000 kWh/a.

Er liegt damit bei -41,2 % des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch mit diesen Faktor berechnet

1.3 Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung

1.3.1 Gebäude

| | | | |
|---------------------------|------------------|----------|-----------------|
| Ort: | 54550 Daun | | |
| Bundesland: | Rheinland-Pfalz | | |
| Gebäudetyp: | Nichtwohngebäude | | |
| Baujahr: | 1960 | | |
| Lage: | | | |
| Nutzung: | Schulgebäude. | | |
| Bauweise | Massivbauweise | | |
| Vollgeschosse | 1 | | |
| Beheiztes Gebäudevolumen: | $V_e =$ | 1.575,00 | m ³ |
| Gebäudehüllfläche: | $A =$ | 1.604,00 | m ² |
| Kompaktheit: | $A/V =$ | 3,21 | m ⁻¹ |
| Energiebezugsfläche: | $A_{NGF} =$ | 450,00 | m ² |
| Luftvolumen: | $V_L =$ | 1.260,00 | m ³ |

1.3.1.1 Bauweise

Das Gebäude ist in Massivbauweise erstellt und besitzt 1 Vollgeschoss. Das Gebäude ist teilweise unterkellert und hat ein Satteldach

1.3.1.2 Gebäudehülle

Thermische Hülle

| Typ | Bauteil | Orientierung | Neigung | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K |
|-----|-------------------|--------------|---------|--------------------------|------------------------------|
| DA | Dach | NW | 35 | 520,00 | 0,80 |
| WA | Wand Putz | NW | 90 | 134,00 | 1,10 |
| WA | Wand Putz | SO | 90 | 90,00 | 1,10 |
| WA | Wand Putz | SW | 90 | 90,00 | 1,10 |
| WA | Wand Putz | NO | 90 | 165,00 | 1,10 |
| WE | Boden Erdreich | | 0 | 210,00 | 1,00 |
| FA | Einfachverglasung | SW | 90 | 60,00 | 5,00 |
| FA | Glasbausteine | SW | 90 | 10,00 | 3,50 |
| FA | Neue Fenster | SW | 90 | 15,00 | 1,90 |
| FA | Verbundverglasung | SO | 90 | 70,00 | 3,50 |
| BK | Boden Klassen | | 0 | 240,00 | 1,00 |

1.3.1.3 Fotografische Darstellung des Gebäudes

Eingangsbereich/Glasbausteine



Alte Holzfenster



Fassade Fensterseite



Fassade Giebelseite



Fassade Nordseite



Fassade Zwischenbau WC's



Alte, marode Holzfenster



Alte, marode Eingangstür



Fassade Hofseite mit Dachansicht



1.3.1.4 Baulicher und wärmetechnischer Zustand

Allgemein

Das Gebäude ist im Kern in einem guten baulichen Zustand. Es sind keine baulichen Mängel und Schäden am Gebäudekern (Durchfeuchtung, Schimmelbildung, Risse) erkennbar. Es liegt jedoch ein Sanierungsstau vor.

Fenster und Türen

Die alten Fenster wurden teilweise gegen neue, isolierverglaste Aluminiumfenster ersetzt. Die alten, teilweise einfachverglasten Fenster sind in einem schlechten Zustand (undicht, marode). Die Fenster mit Wärmeschutzverglasung sind in einem guten Zustand.

Außenwandflächen

Die Außenwände sind massiv gemauert. Die Außenwand ist ungedämmt. Die Wandstärke beträgt 30 cm.

Dachflächen

Das Satteldach ist ungedämmt. Der Dachboden des Pavillon 1 wurde mit einer neuen, 10 cm starken Wärmedämmung versehen. Die zwei anderen Pavillons sind im Dachbereich ungedämmt. Die Dachbedeckung ist aus Schiefer.

1.3.1.5 Wärmeschutztechnische Einstufung der 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 EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

| | Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|---|-----|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| X | DA | Dach | 520,00 | 0,80 | 0,24 | 0,14 |
| X | WA | Wand Putz | 479,00 | 1,10 | 0,24 | 0,20 |
| X | WE | Boden Erreich | 210,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| X | FA | Einfachverglasung | 60,00 | 5,00 | 1,3 | 0,95 |
| X | FA | Glasbausteine | 10,00 | 3,50 | 1,3 | 0,95 |
| X | FA | Neue Fenster | 15,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| X | FA | Verbundverglasung | 70,00 | 3,50 | 1,3 | 0,95 |
| X | BK | Boden Klassen | 240,00 | 1,00 | 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 EnEV 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 Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

1.3.1.6 Bewertung der Gebäudehülle

Die Gebäudehülle befindet sich in einem bauphysikalisch sanierungsbedürftigen Zustand. Sinnvolle und wirtschaftliche bauphysikalischen Maßnahmen ergeben sich daher.

1.3.2 Anlagentechnik

Heizungsanlage

Die Wärmeversorgung erfolgt aus der Heizungsanlage der Grundschule. Es ist dort ein Holzpellets-Kessel als Grundlastkessel und ein Gaskessel als Spitzenlastkessel installiert. Die Wärmeabgabe erfolgt über Heizkörper.

Einsparungsmaßnahmen im technischen Bereich werden im Berichtsteil zu Baustein 1 und 2 aufgeführt.

Heizung:

| | | | |
|-------------------|---|-----------------|-----|
| Kessel | : | 1 | |
| Fabrikat | : | Buderus | |
| Typ | : | GE 315 | |
| Baujahr | : | 2007 | |
| Heizmedium | : | Warmwasser | |
| Leistung | : | 230,00 | kW |
| Bereitschaftszeit | : | 6.480,00 | h/a |
| Brenner | : | Riello | |
| Typ | : | RS 45/M Blue | |
| Brennstoff | : | Erdgas | |
| Leistungsbereich | : | 190,00 - 550,00 | kW |
| | | | |
| Kessel | : | 2 | |
| Fabrikat | : | KWB | |
| Typ | : | TDS 150 | |
| Baujahr | : | 2007 | |
| Heizmedium | : | Warmwasser | |
| Leistung | : | 150,00 | kW |
| Bereitschaftszeit | : | 6.480,00 | h/a |
| Brenner | : | KWB | |
| Brennstoff | : | Holzpellets | |
| Leistungsbereich | : | 166,00 | kW |

Gaskessel Grundschule



Pelletkessel Grundschule



1.4 Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes

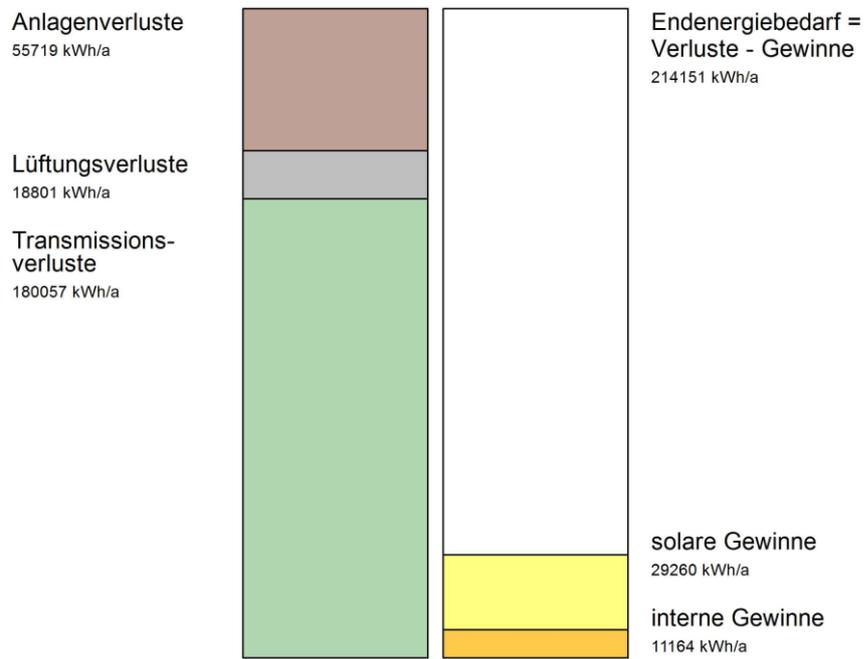
1.4.1 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss man den vorhandenen Energieverbrauch beurteilen können. Dazu dient die Energiebilanz. Es werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle (Transmission der Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie (Anlagenverluste der Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie).

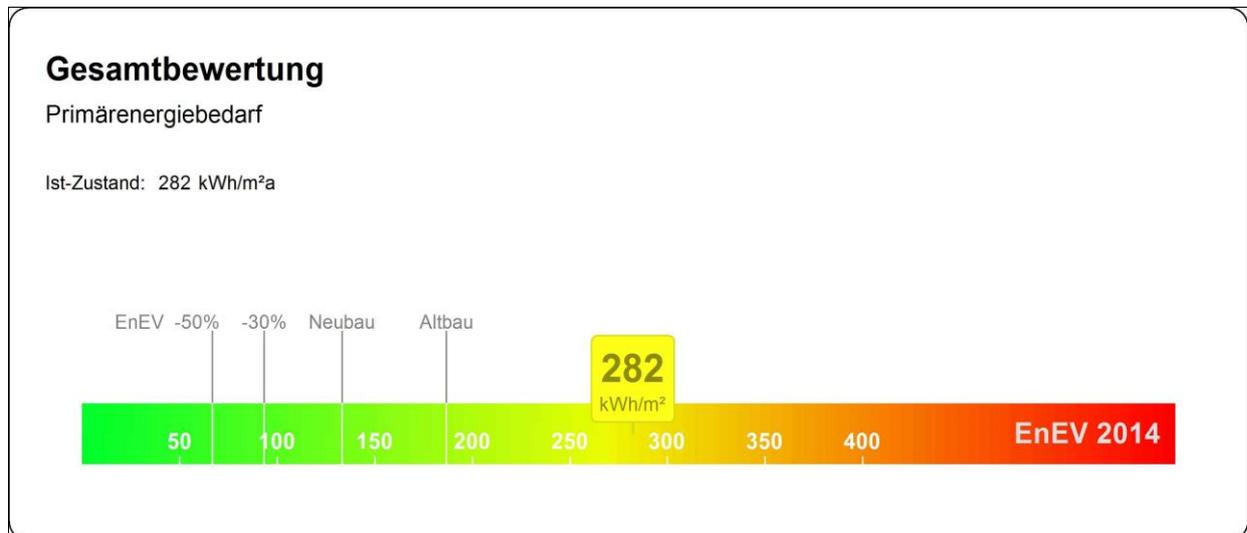
Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt.

| Energiebilanz des Gebäudes | jährlich [kWh/a] | anteilig [%] |
|----------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Verluste | | |
| Transmissionsverluste | 180.057 | 70,7 |
| Lüftungsverluste | 18.801 | 7,4 |
| Anlagenverluste | 55.719 | 21,9 |
| Gesamt | 254.576 | 100 |
| Gewinne | | |
| Solare Wärmegewinne | 29.260 | 72,4 |
| Interne Wärmegewinne | 11.164 | 27,6 |
| Gesamt | 40.425 | 100 |
| Endenergiebedarf Q_E | | |
| Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung) | 214.151 | |
| Gesamt | 214.200 | |
| Primärenergiebedarf Q_P | | |
| | 126.944 | |



1.5 Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 282 kWh/m²a.



1.6 Energetisches Sanierungskonzept

Aus der Analyse der einzelnen Bauteile und der Heizungs- und Trinkwarmwasseranlage wurden die im Folgenden dargestellten Energiesparmaßnahmen abgeleitet und unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet.

1.6.1 Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung

Variante 1 : Dachdämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Dach: Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung), 18 cm

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach - Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung), 18cm | 520,00 | 0,17 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand Putz | 479,00 | 1,10 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Boden Erdreich | 210,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Einfachverglasung | 60,00 | 5,00 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Glasbausteine | 10,00 | 3,50 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Neue Fenster | 15,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Verbundverglasung | 70,00 | 3,50 | 1,3 | 0,95 |
| BK | Boden Klassen | 240,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |

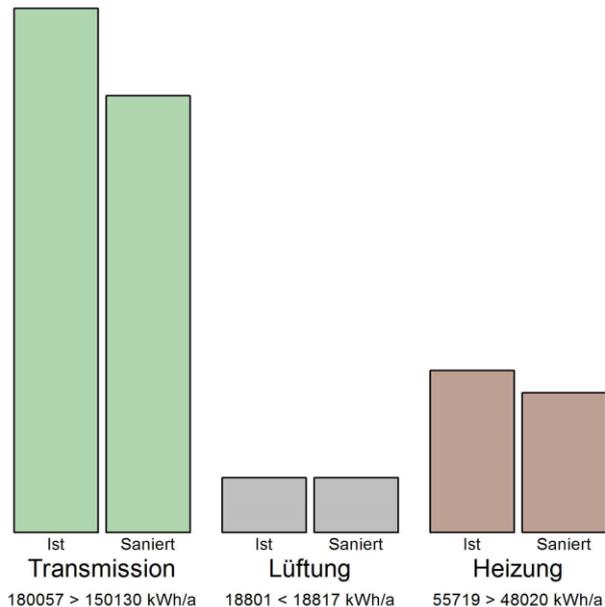
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **17 %**.

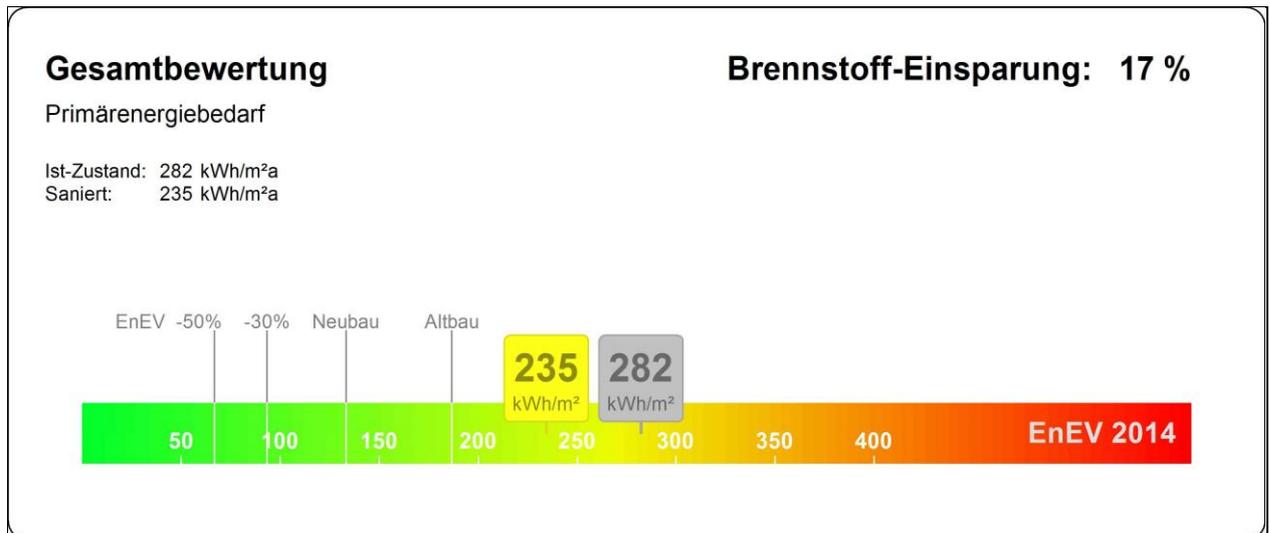
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 214.151 kWh/Jahr reduziert sich auf 178.307 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 35.845 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.707 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **235 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 1 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen. Die Kosten-/Nutzen-Analyse dient vor allem als Vergleichsmaßstab der Energiesparmaßnahmen untereinander. Sie beinhaltet keine Prognose der Kostenentwicklungen in der Zukunft. Die als heutige Energiekosten angesetzten Brennstoffkosten können dem Anhang Brennstoffdaten entnommen werden.

Variante 1: Dachdämmung

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 124.800 | 35.845 | 2.868 | 21.078 | 1.686 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Variante 2 : Fassadendämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Außenwände: Wärmedämmverbundsystem, 14 cm

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach | 520,00 | 0,80 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand Putz - Wärmedämmverbundsystem, 14cm | 479,00 | 0,20 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Boden Erdreich | 210,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Einfachverglasung | 60,00 | 5,00 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Glasbausteine | 10,00 | 3,50 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Neue Fenster | 15,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Verbundverglasung | 70,00 | 3,50 | 1,3 | 0,95 |
| BK | Boden Klassen | 240,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |

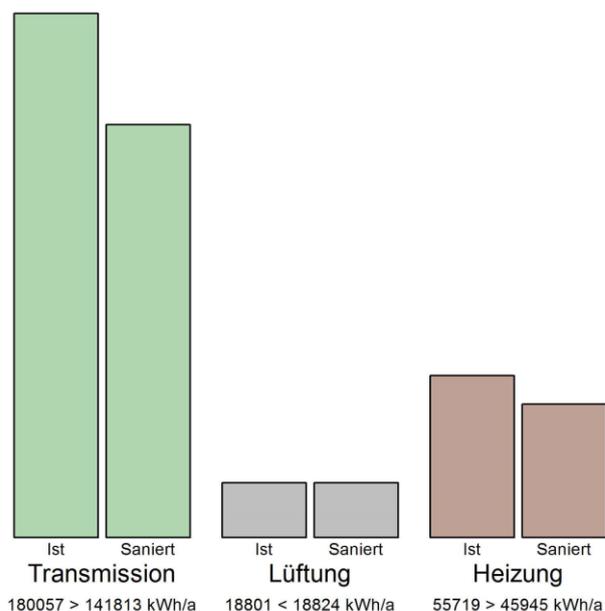
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **21 %**.

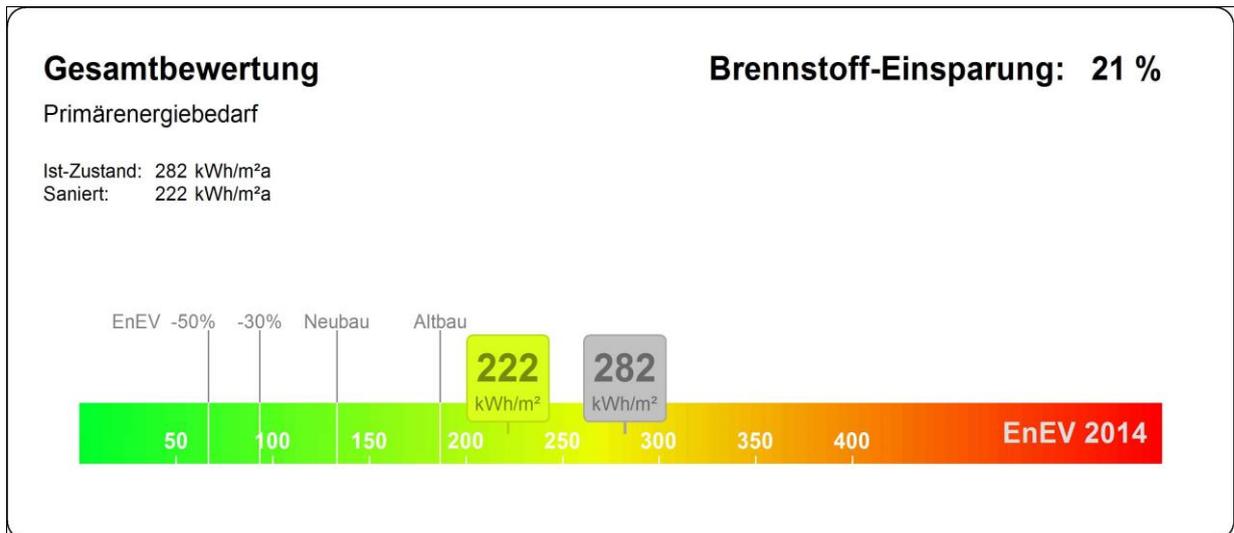
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 214.151 kWh/Jahr reduziert sich auf 168.667 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 45.485 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 5.974 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **222 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 2 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 2: Fassadendämmung

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 72.000 | 45.485 | 3.639 | 26.745 | 2.134 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Variante 3 : Dämmung der Kellerdecke

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Keller Dämmung der Kellerdecken von unten, 12 cm

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach | 520,00 | 0,80 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand Putz - Wärmedämmverbundsystem, 14cm | 479,00 | 1,10 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Boden Erdreich | 210,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Einfachverglasung | 60,00 | 5,00 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Glasbausteine | 10,00 | 3,50 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Neue Fenster | 15,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Verbundverglasung | 70,00 | 3,50 | 1,3 | 0,95 |
| BK | Boden Klassen Wärmedämmung 12 cm | 240,00 | 0,20 | 0,30 | 0,25 |

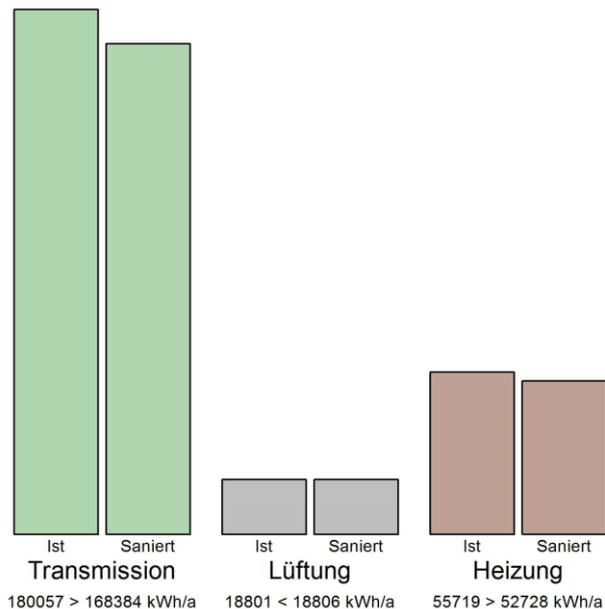
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **7 %**.

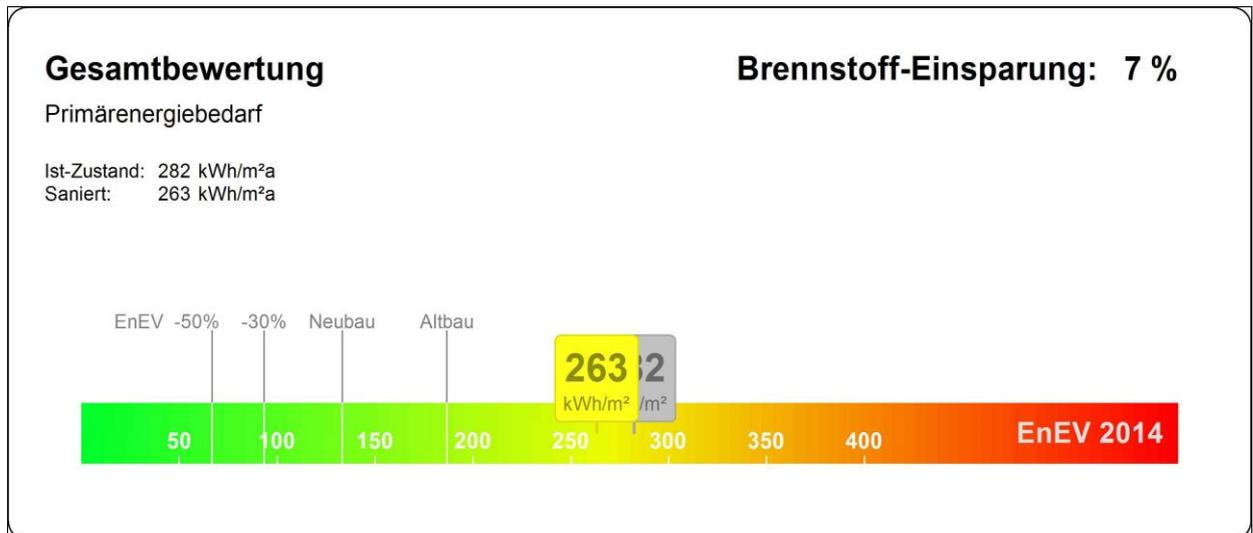
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 214.151 kWh/Jahr reduziert sich auf 199.890 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 14.262 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.874 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **263 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 3 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 3: Dämmung der Kellerdecke von unten

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 6.000 | 14.262 | 1.141 | 8.386 | 671 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Variante 4 : Fenstersanierung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Fenster: Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|-------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach | 520,00 | 0,80 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand Putz | 479,00 | 1,10 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Boden Erdreich | 210,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Einfachverglasung - Wärmeschutzverglasung | 60,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Glasbausteine - Wärmeschutzverglasung | 10,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Neue Fenster - keine Maßnahme | 15,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Verbundverglasung - Wärmeschutzverglasung | 70,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |
| BK | Boden Klassen | 240,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |

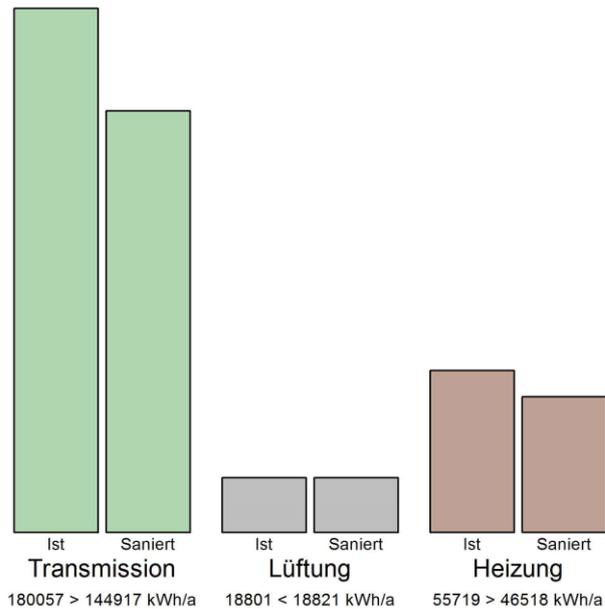
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **20 %**.

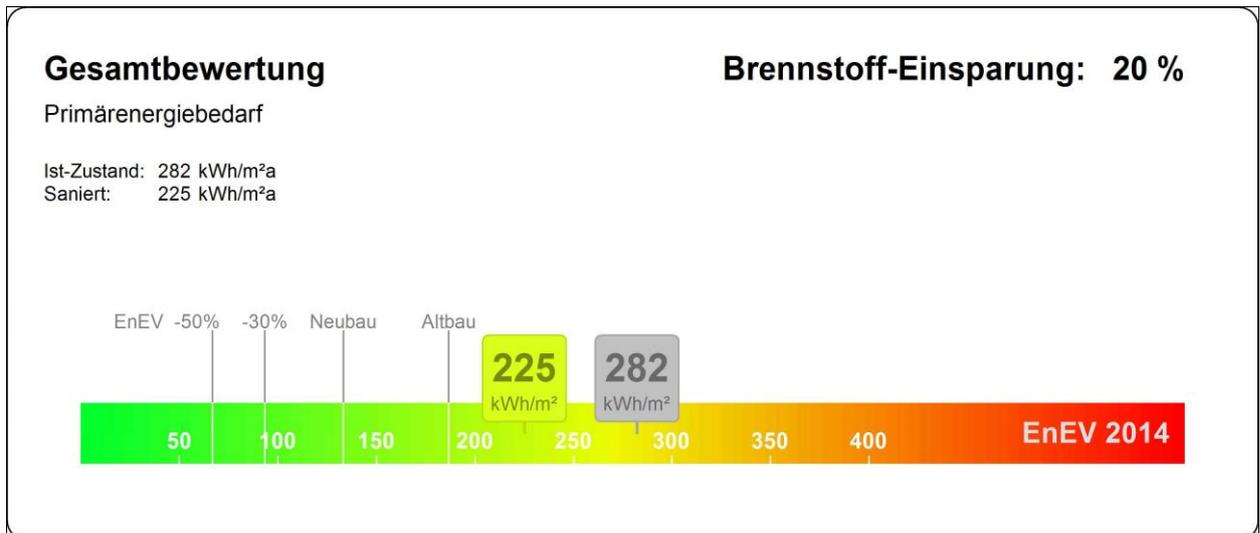
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 214.151 kWh/Jahr reduziert sich auf 171.097 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 43.055 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 5.660 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **225 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 4 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 4: Fenstersanierung

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 84.000 | 43.055 | 3.444 | 25.316 | 2.025 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Variante 5 : Alle Maßnahmen

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

| | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| Außenwände: | keine Maßnahme Wärmedämmverbundsystem, 14 cm |
| Dach/oberste Decke: | Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung), 18 cm |
| Keller: | Dämmung Kellerdecke von unten, 12 cm |
| Fenster: | Wärmeschutzverglasung |

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach - Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung), 18cm | 520,00 | 0,17 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand Putz - Wärmedämmverbundsystem, 14cm | 479,00 | 0,20 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Boden Erdreich - keine Maßnahme | 210,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Einfachverglasung - Wärmeschutzverglasung | 60,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Glasbausteine - Wärmeschutzverglasung | 10,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Neue Fenster - keine Maßnahme | 15,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Verbundverglasung - Wärmeschutzverglasung | 70,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |
| BK | Boden Klassen - Dämmung Kellerdecke | 240,00 | 0,20 | 0,30 | 0,25 |

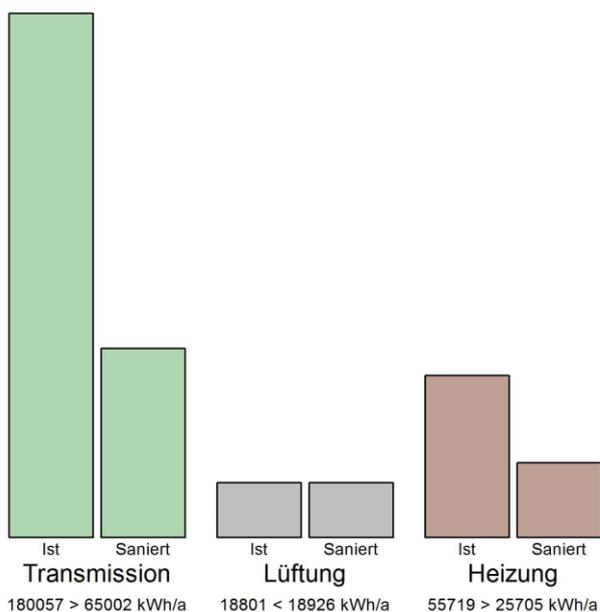
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **64 %**.

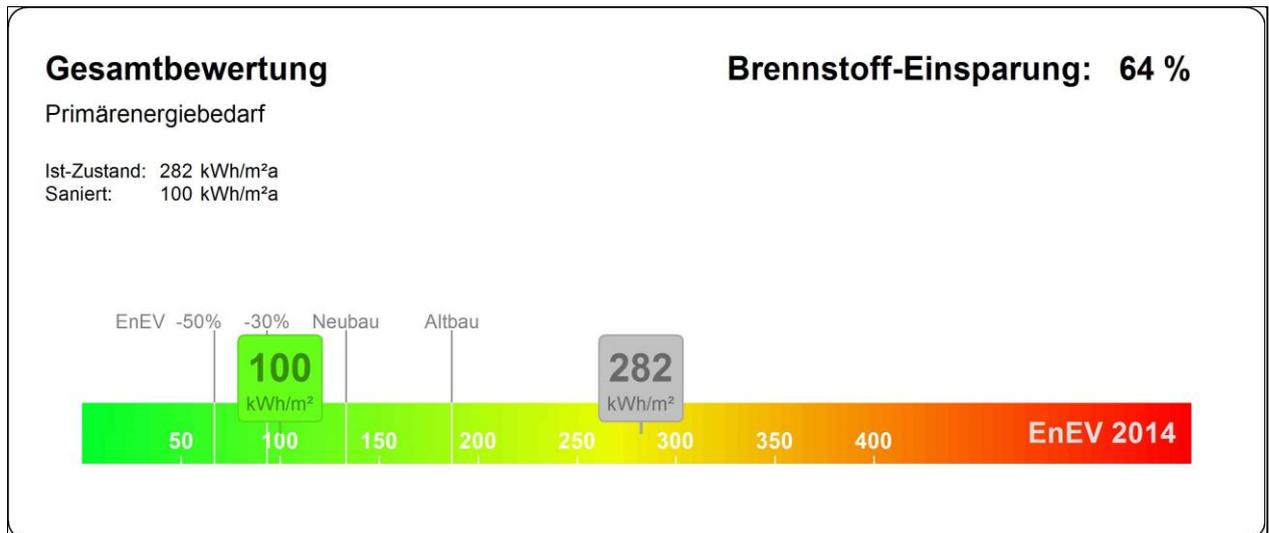
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 214.151 kWh/Jahr reduziert sich auf 77.396 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 136.755 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. (Hinweis: Der Unterschied zur Einzeldarstellung resultiert aus der Vermaschung der Maßnahmen)

Die CO₂-Emissionen werden um 18.070 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **100 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 5 – Alle Maßnahmen -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 5: Alle Maßnahmen

| Maßnahme | Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|---------------------|----------------------|-------------------------------|--------|------------------------------------------------------------|-------|
| | | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch bezogen | |
| | | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| Dachdämmung | 124.800 | 35.845 | 2.868 | 21.078 | 1.686 |
| Fassadendämmung | 72.000 | 45.485 | 3.639 | 26.745 | 2.134 |
| Dämmung Kellerdecke | 6.000 | 14.262 | 1.141 | 8.386 | 671 |
| Fenstersanierung | 84.000 | 43.055 | 3.444 | 25.316 | 2.025 |
| Summe | 286.800 | 138.647 | 11.092 | 81.525 | 6.576 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

2. Umkleidegebäude Daun



Gebäude: Umkleidegebäude
Schulstr. 5a
54550 Daun

Auftraggeber: Verbandsgemeinde Daun
Leopoldstraße 29
54550 Daun

Erstellt von: IBS Ingenieurbüro Stappenbeck GbR
In den Brunnenwiesen 10
69245 Bammental

2.1 Zusammenfassende Darstellung

2.1.1 Allgemein

Für das Umkleidegebäude der Verbandsgemeinde Daun wurde auf der Grundlage einer Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Plänen und Unterlagen eine Feinanalyse zum Klimaschutzteilkonzept, Baustein 3 durchgeführt.

Hierzu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschosdecken und Dachflächen, sowie den Lüftungswärmeverlusten und den Verlusten in der Heizungsanlage, sowie denen der Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen zur Sanierung erarbeitet.

Die Effektivität wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung (End- und Primärenergie), Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) und Schadstoffbelastung (Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxid (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂)) der Maßnahmen beurteilt.

2.1.1.1 Zustand des Gebäudes

Das Umkleidegebäude befindet sich in einem bauphysikalisch sanierungsbedürftigen Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1955. Das Satteldach wurde mit einer Wärmedämmung versehen. Diese ist jedoch in einem schlechten Zustand. Die alten Fenster wurden zum Teil gegen isolierverglaste Kunststoffenster ersetzt. Diese befinden sich jedoch bereits in einem sanierungsbedürftigen Zustand. Zum Teil sind alte Holzfenster vorhanden. Eine wirksame Wärmedämmung an der Außenwand ist nicht vorhanden. Sinnvolle und wirtschaftliche bauphysikalischen Maßnahmen ergeben sich.

2.1.1.2 Energiesparmaßnahmen

Es werden Einsparungsmaßnahmen im bauphysikalischen und technischen Bereich vorgeschlagen. Dabei ist es sinnvoll, die Sanierungsmaßnahmen

- baulich optimal aufeinander abzustimmen,
- die Investitionskosten für das Gesamtpaket der empfohlenen Maßnahmen so gering wie möglich zu halten und
- Förderprogramme optimal auszunutzen.

Wir empfehlen deshalb die Durchführung der bauphysikalischen und technischen Maßnahmen jeweils in einem Zug.

Übersicht aller Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen

| Maßnahme | Ausführungsempfehlung | Maßnahmen-kombinationen | | |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Maßnahmenkombination 1 | Maßnahmenkombination 2 | Maßnahmenkombination 3 |
| Dach | Dämmung oberste Geschossdecke | X | | |
| Außenwände | Wärmedämmverbundsystem | | | X |
| Fenster | Sanierung der alten Holzfenster | | | X |
| Hydraulischer Abgleich | Einregeln des Systems mit neuen, voreinstellbaren Thermostatventilen. Thermostatoberteile mit Maximaltemperaturvorgabe zB. 22°C | | X | |

2.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

2.1.2.1 Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Energiekosteneinsparung und die notwendige Investition (ohne Planungskosten) dargestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten zur Energiekosteneinsparung ergibt sich das Kosten/ Nutzen-Verhältnis. Dies entspricht einer statischen Amortisation ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreisssteigerungen und dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen untereinander.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden liegt bei -58,6 % des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch mit diesen Faktor berechnet.

| Maßnahme | Einsparung €/a | Investitions- kosten € | Amortisation Jahre |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Dämmung oberste Geschossdecke | 517 | 6.750 | 13 |
| Außenwanddämmung | 844 | 27.600 | 31 |
| Sanierung alte Holzfenster | 669 | 23.400 | 35 |
| Hydraulischer Abgleich | 341 | 1.200 | 4 |
| Summe | 2.371 | 58.950 | 25 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

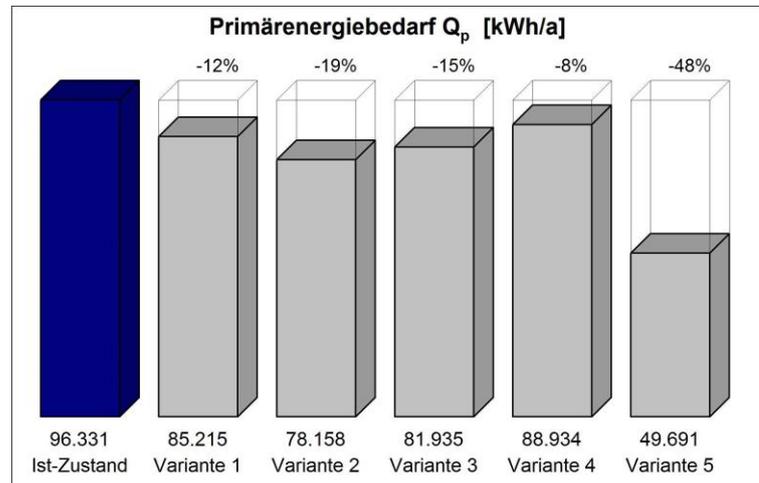
2.1.3 CO₂-Einsparungen

Die CO₂ Reduzierung bei Realisierung aller Maßnahmen beträgt 10.364 kg pro Jahr.

2.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

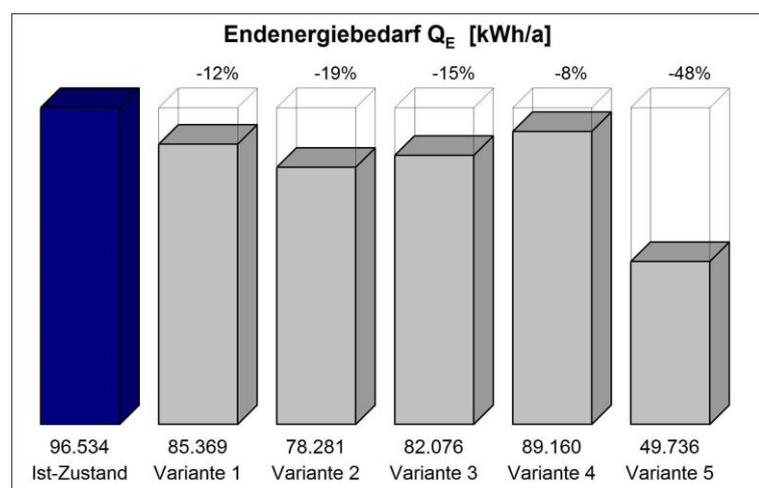
Primärenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Fenstersanierung
- Var.4 - hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Alle Maßnahmen



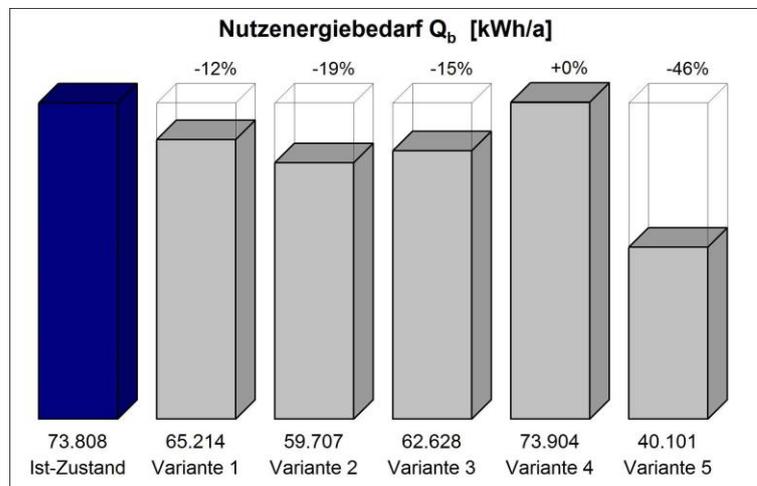
Endenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Fenstersanierung
- Var.4 - hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Alle Maßnahmen



Nutzenergiebedarf

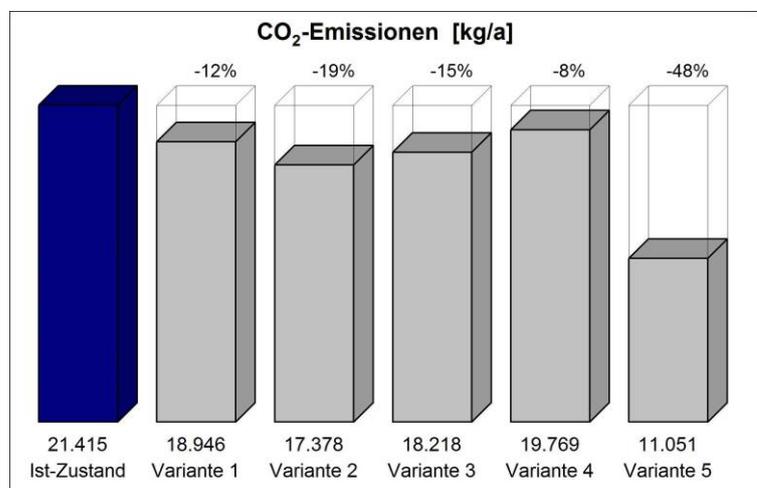
- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Fenstersanierung
- Var.4 - hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Alle Maßnahmen



Schadstoff-Emissionen

CO₂-Emissionen

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Fenstersanierung
- Var.4 - hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Alle Maßnahmen



2.2 Energieverbrauch

Erklärung des Unterschieds zwischen Endenergiebedarf und individuellem Endenergieverbrauch vor Sanierung und Darlegung der möglichen Auswirkungen auf die tatsächliche Energieeinsparung nach Sanierung.

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten die Raumtemperaturen und Anzahl bzw. Größe der beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss.

- mittlere Innentemperatur
- Luftwechselrate
- interne Wärmegewinne
- Warmwasser-Wärmebedarf

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

Bei den Angaben zum Energieverbrauch fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das führt zu erheblichen Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

2.2.1 Energieverbrauch und –kosten über drei Heizperioden

Verbrauchsangaben

Mit dem tatsächlichen Energieverbrauch, ermittelt aus den Verbrauchsmessungen über die letzten 3 Jahre (Heizperioden), werden das individuelle Nutzerverhalten der Bewohner und der Standort des Gebäudes (Klima) berücksichtigt. Die Verbrauchsangaben weichen deshalb von den unter EnEV-Standard-Randbedingungen berechneten Werten ab.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 69.008 kWh/a.

Er liegt damit bei -28,5 % des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch mit diesen Faktor berechnet

2.3 Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung

2.3.1 Gebäude

| | | | |
|------------------------------|-------------------|--------|-----------------|
| Ort: | 54550 Daun | | |
| Bundesland: | Rheinland-Pfalz | | |
| Gebäudetyp: | Umkleidegebäude | | |
| Baujahr: | 1955 | | |
| Lage: | | | |
| Nutzung: | Nichtwohngebäude. | | |
| Bauweise | massive Bauweise | | |
| Vollgeschosse | 1 | | |
| Beheiztes Gebäudevolumen: | $V_e =$ | 721,00 | m ³ |
| Gebäudehüllfläche: | $A =$ | 654,00 | m ² |
| Kompaktheit: | $A/V =$ | 1,31 | m ⁻¹ |
| Energiebezugsfläche: | $A_{NGF} =$ | 206,00 | m ² |
| Luftvolumen: | $V_L =$ | 576,80 | m ³ |

2.3.1.1 Bauweise

Das Gebäude ist in Massivbauweise erstellt und besitzt 1 Vollgeschoss. Das Gebäude ist teilunterkellert und hat ein gedämmtes Satteldach

2.3.1.2 Gebäudehülle

Thermische Hülle

| Typ | Bauteil | Orientierung | Neigung | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K |
|-----|-------------------|--------------|---------|--------------------------|------------------------------|
| DA | Dach | N | 35 | 225,00 | 0,60 |
| TA | Einfachverglasung | SW | 90 | 4,00 | 5,00 |
| WA | Wand Putz | N | 90 | 28,00 | 1,10 |
| WA | Wand Putz | O | 90 | 64,00 | 1,10 |
| WA | Wand Putz | S | 90 | 32,00 | 1,10 |
| WA | Wand Putz | W | 90 | 60,00 | 1,10 |
| WE | Bodenplatte | | 0 | 206,00 | 1,00 |
| FA | Alte Fenster | SW | 90 | 35,00 | 4,30 |

2.3.1.3 Fotografische Darstellung des Gebäudes

Alte Fenster



Wärmedämmung



Dach, schlechter Zustand



Dach, schlechter Zustand



Fassade mit alten Fenstern



Fassade mit alten Fenstern



Einfachverglasung



Fassade



Verkleidete Fassade Gebäuderückseite





2.3.1.4 Baulicher und wärmetechnischer Zustand

Allgemein

Das Umkleidegebäude befindet sich in einem schlechten bauphysikalischen Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1955. Es liegt ein Sanierungsstau vor. Bauliche Mängel und Schäden am Gebäudekern (Durchfeuchtung, Schimmelbildung, Risse) sind erkennbar.

Fenster und Türen

Es sind alte, sanierungsbedürftige Kunststoff- und Holzfenster vorhanden. Als Verglasung ist Einfachverglasung und alte Isolierverglasung vorhanden.

Außenwandflächen

Die Außenwände bestehen aus Mauerwerk, ca. 24 bis 30 cm stark. Auf der Gebäuderückseite ist eine Eternitverkleidung angebracht. Eine Wärmedämmung ist nicht vorhanden.

Dachflächen

Das Satteldach wurde auf der oberen Geschosdecke mit einer Wärmedämmung aus Glaswolle versehen. Der Zustand ist schlecht. Durch Installationsarbeiten und die Lagerung von Gegenständen wurde die Wärmedämmung zum Teil zerstört.

2.3.1.5 Wärmeschutztechnische Einstufung der 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 EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

| | Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|---|-----|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| X | DA | Dach | 225,00 | 0,60 | 0,24 | 0,14 |
| X | TA | Einfachverglasung | 4,00 | 5,00 | 1,8 | 1,3 |
| X | WA | Wand Putz | 184,00 | 1,10 | 0,24 | 0,20 |
| X | WE | Bodenplatte | 206,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| X | FA | Alte Fenster | 35,00 | 4,30 | 1,3 | 0,95 |

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

2.3.1.6 Bewertung der Gebäudehülle

Die Gebäudehülle befindet sich in einem bauphysikalisch schlechten Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1955. Das Satteldach wurde mit einer Wärmedämmung versehen, die zwischenzeitlich in einem schlechten Zustand ist. Die alten Fenster sind sanierungsbedürftig. Eine Wärmedämmung an der Außenwand ist nicht vorhanden.

2.4 Anlagentechnik

2.4.1 Heizungsanlage

| | | | |
|-----------------------|---|-----------------|-----|
| Kessel | : | 1 | |
| <i>Standort</i> | : | <i>Heizraum</i> | |
| Fabrikat | : | Buderus | |
| Typ | : | Logamax plus | |
| Baujahr | : | 2010 | |
| Heizmedium | : | Warmwasser | |
| Leistung | : | 23,90 | kW |
| Bereitschaftszeit | : | 8.760,00 | h/a |
| Brenner | : | Buderus | |
| Typ | : | GB 162 | |
| Brennstoff | : | Erdgas | |
| Leistungsbereich | : | 5,00 – 23,90 | kW |
| Jahresenergieeinsatz | : | 69.008,00 | kWh |
| Abgastemperatur | : | 35,40 | °C |
| Kohlendioxide | : | 9,10 | % |
| Abgasverluste | : | 0,19 | kW |
| | : | 0,80 | % |
| Brennerlaufzeit | : | 2.822,05 | h/a |
| Strahlungsverluste | : | 0,17 | kW |
| | : | 0,70 | % |
| Bereitschaftszeit | : | 8.760,00 | h/a |
| Bereitschaftsverluste | : | 0,10 | kW |
| | : | 0,40 | % |
| Feuerungswirkungsgrad | : | 99,20 | % |
| Kesselwirkungsgrad | : | 98,10 | % |



2.5 Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes

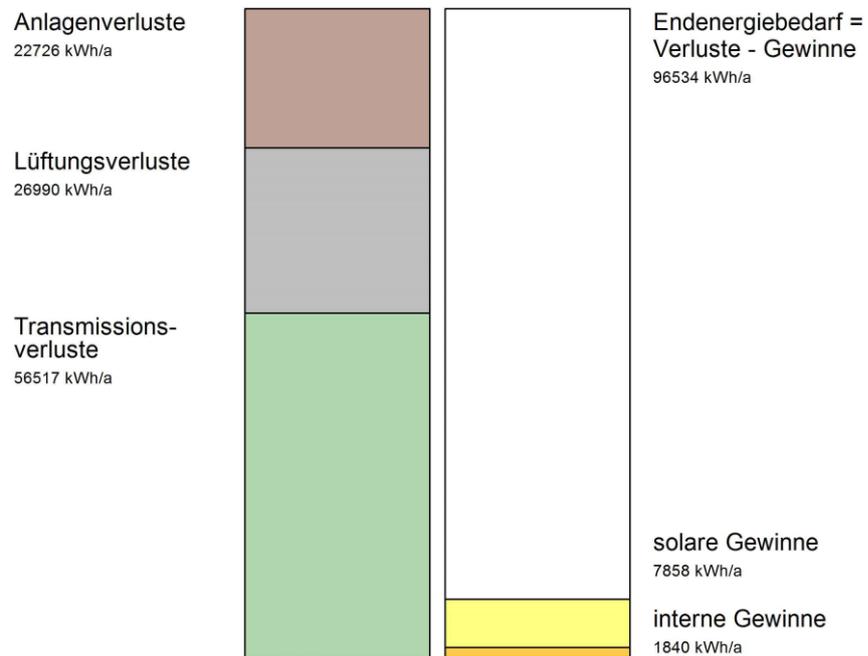
2.5.1 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss man den vorhandenen Energieverbrauch beurteilen können. Dazu dient die Energiebilanz. Es werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle (Transmission der Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie (Anlagenverluste der Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie).

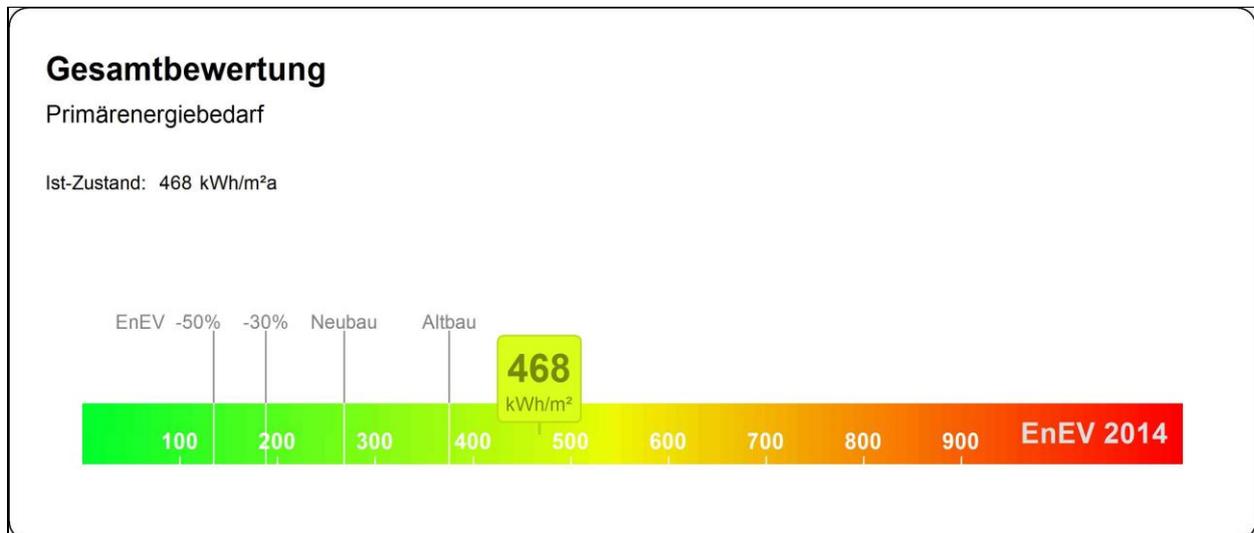
Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt.

| Energiebilanz des Gebäudes | jährlich [kWh/a] | anteilig [%] |
|----------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| Verluste | | |
| Transmissionsverluste | 56.517 | 53,2 |
| Lüftungsverluste | 26.990 | 25,4 |
| Anlagenverluste | 22.726 | 21,4 |
| Gesamt | 106.233 | 100 |
| Gewinne | | |
| Solare Wärmegewinne | 7.858 | 81,0 |
| Interne Wärmegewinne | 1.840 | 19,0 |
| Gesamt | 9.698 | 100 |
| Endenergiebedarf Q_E | | |
| Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung) | 96.534 | |
| Endenergiebedarf $Q_{HE,E}$ (Hilfsenergie) | 0 | |
| Gesamt | 96.500 | |
| Primärenergiebedarf Q_P | 96.331 | |



2.6 Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 468 kWh/m²a.



2.7 Energetisches Sanierungskonzept

2.7.1 Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung

Variante 1 : Dachdämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Dach: Dämmung oberste Geschoßdecke

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach - Dämmung oberste Geschoßdecke | 225,00 | 0,18 | 0,24 | 0,14 |
| TA | Einfachverglasung | 4,00 | 5,00 | 1,8 | 1,3 |
| WA | Wand Putz | 184,00 | 1,10 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Bodenplatte | 206,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster | 35,00 | 4,30 | 1,3 | 0,95 |

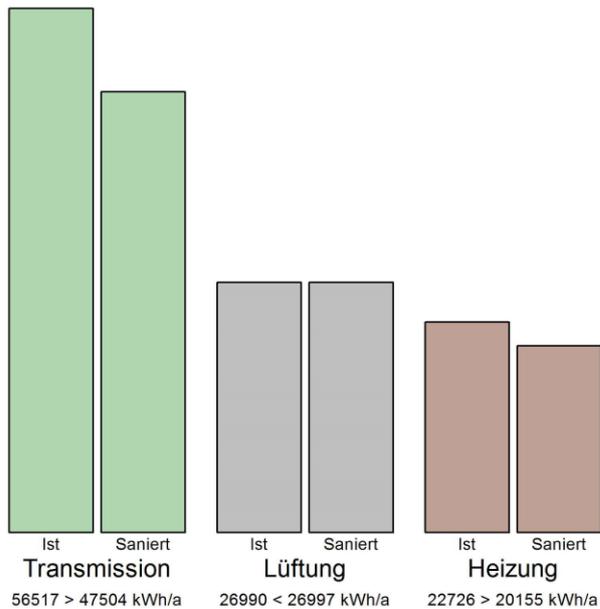
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **12 %**.

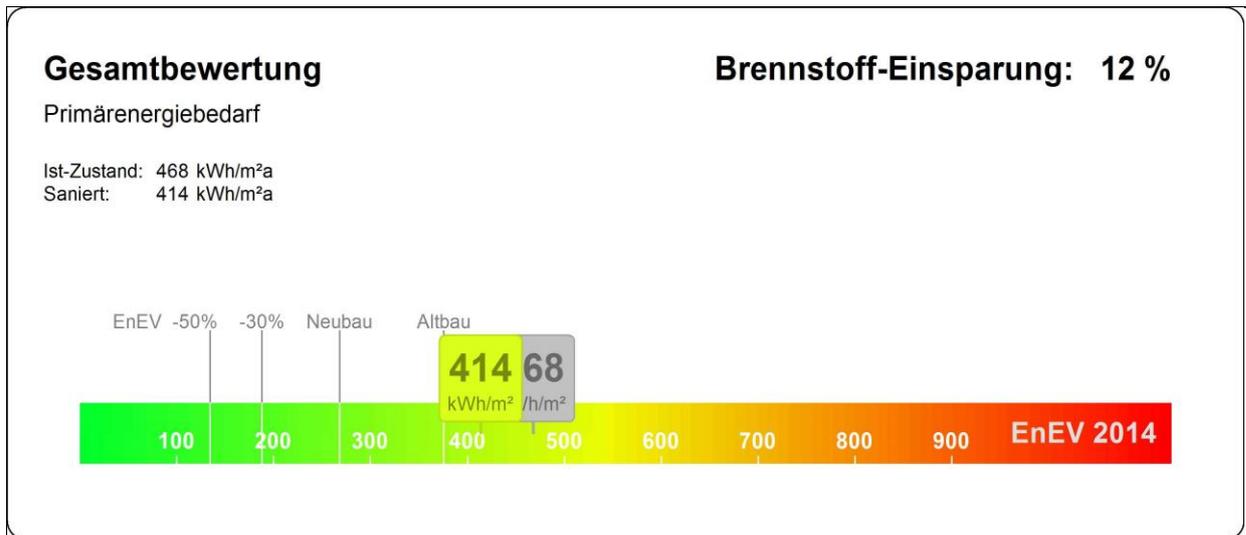
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 96.534 kWh/Jahr reduziert sich auf 85.369 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 11.165 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.469 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **414 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 1 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 1: Dämmung oberste Geschossdecke

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 6.750 | 11.165 | 722 | 7.983 | 517 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Variante 2 : Fassadendämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Außenwände: Wärmedämmverbundsystem, 14 cm

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach | 225,00 | 0,60 | 0,24 | 0,14 |
| TA | Einfachverglasung | 4,00 | 5,00 | 1,8 | 1,3 |
| WA | Wand Putz - Wärmedämmverbundsystem, 14cm | 184,00 | 0,20 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Bodenplatte | 206,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster | 35,00 | 4,30 | 1,3 | 0,95 |

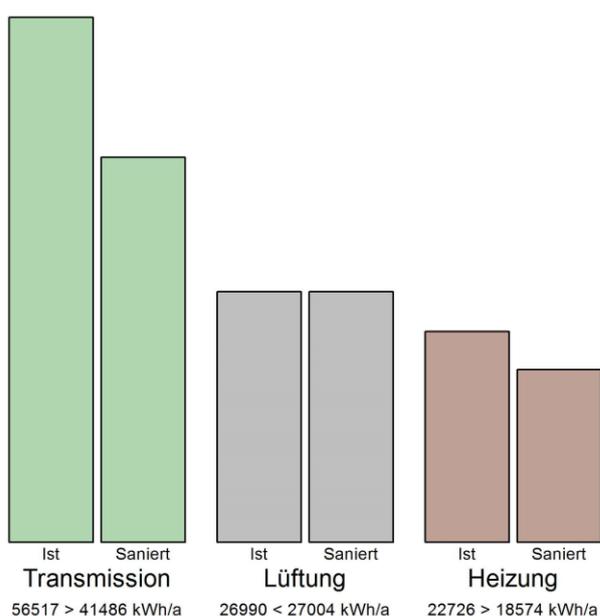
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **19 %**.

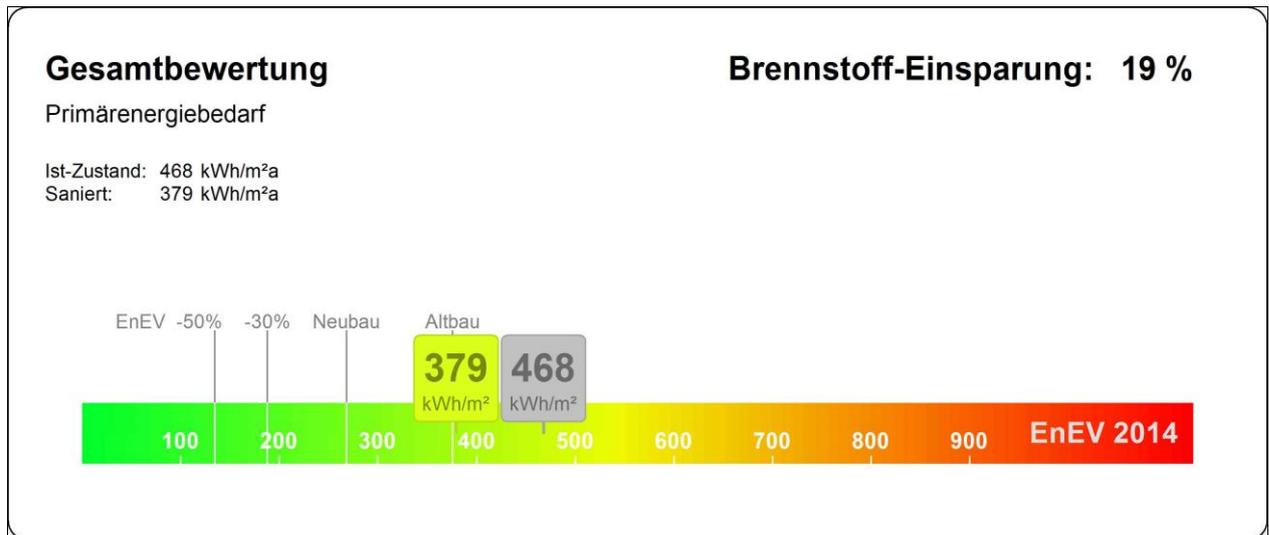
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 96.534 kWh/Jahr reduziert sich auf 78.281 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 18.253 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.037 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **379 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 2 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 2:Fassadendämmung

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 27.600 | 18.253 | 1.181 | 13.051 | 844 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Variante 3 : Fenstersanierung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Türen: Austausch gegen wärmeschutzverglaste Tür, vorh. einfachverglast

Fenster: Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach | 225,00 | 0,60 | 0,24 | 0,14 |
| TA | Einfachverglasung - Austausch gegen wärmeschutzverglaste Tür, vorh einfachverglast | 4,00 | 1,30 | 1,8 | 1,3 |
| WA | Wand Putz | 184,00 | 1,10 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Bodenplatte | 206,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster - Wärmeschutzverglasung | 35,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |

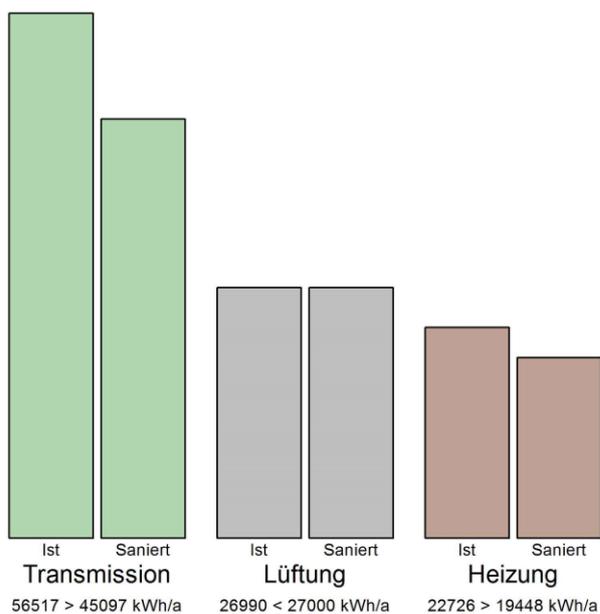
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **15 %**.

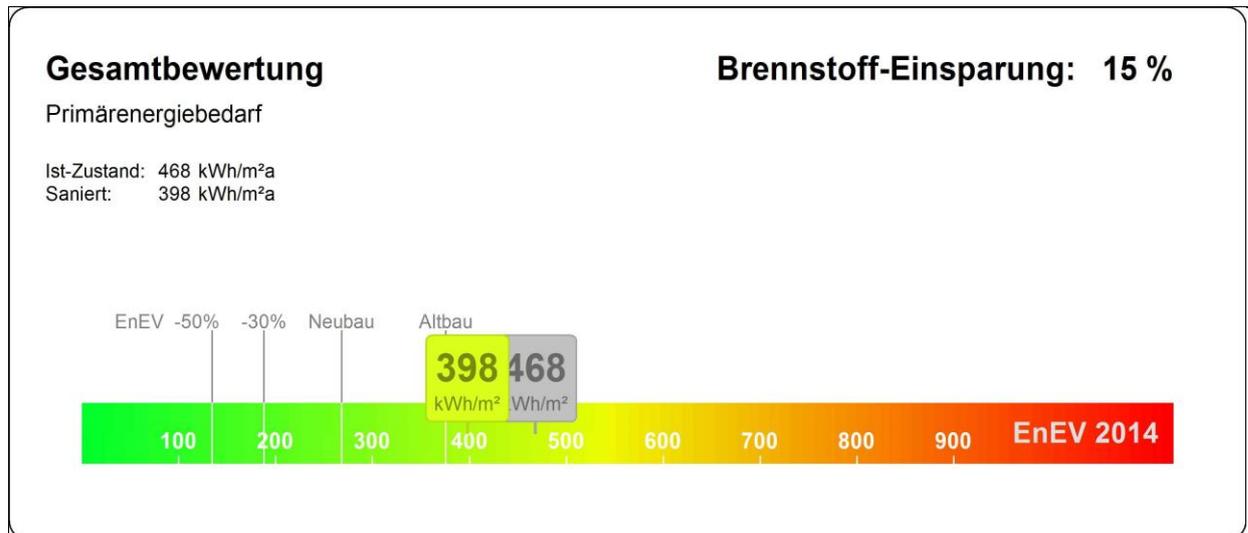
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 96.534 kWh/Jahr reduziert sich auf 82.076 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 14.458 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.198 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **398 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 3 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 3:Fenstersanierung

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 23.400 | 14.458 | 935 | 10.337 | 669 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

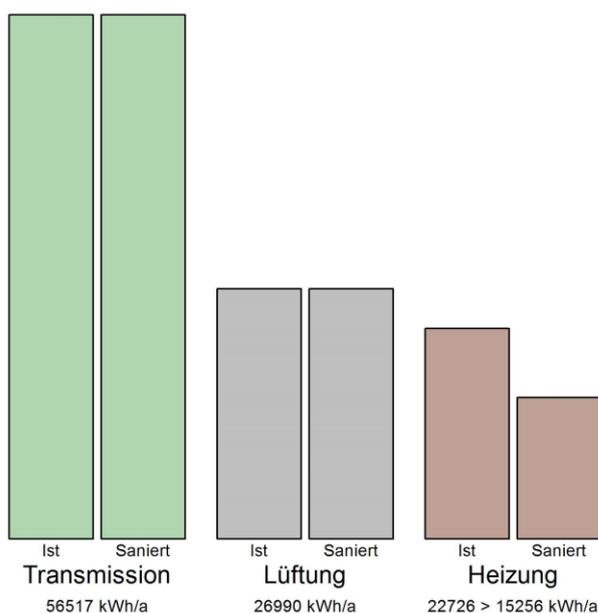
Variante 4: Hydraulischer Abgleich

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

- Durchführung des hydraulischen Abgleichs mit neuen voreinstellbaren Thermostatventilen.

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 8 %.

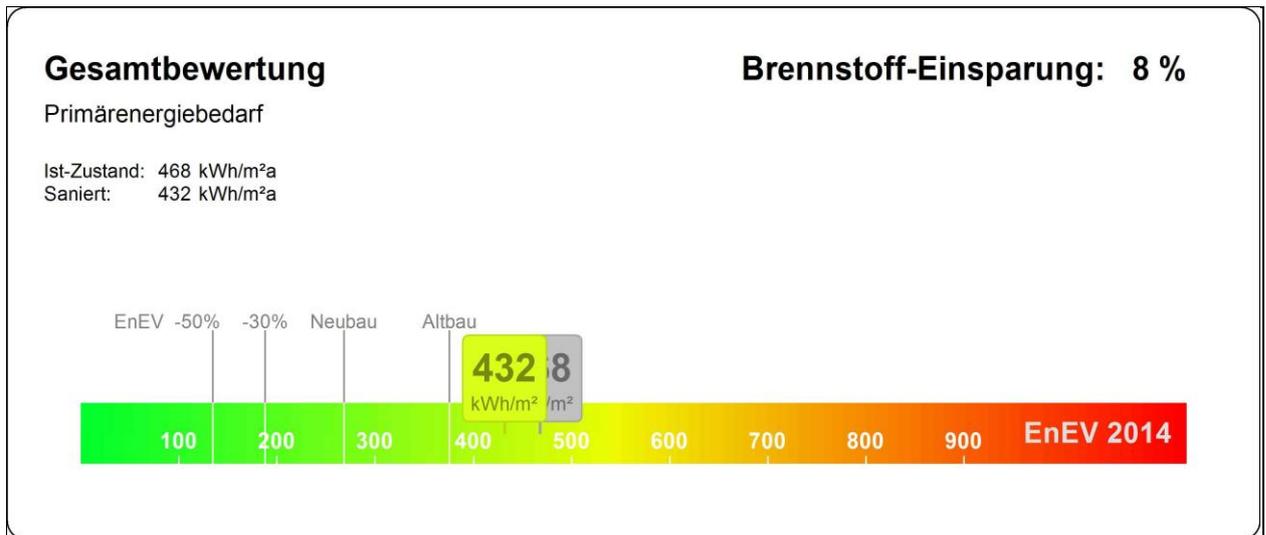
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 96.534 kWh/Jahr reduziert sich auf 89.160 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 7.375 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.647 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **432 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 4 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 4: Hydraulischer Abgleich

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 1.200 | 7.375 | 477 | 5.273 | 341 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

Variante 5 : Alle Maßnahmen

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

- Außenwände:** Wärmedämmverbundsystem, 14 cm
- Dach:** Dämmung der obersten Geschossdecke
- Fenster:** Wärmeschutzverglasung Fenster und Tür

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dämmung oberste Geschossdecke | 225,00 | 0,18 | 0,24 | 0,14 |
| TA | Einfachverglasung - Austausch gegen wärmeschutzverglaste Tür, vorh einfachverglast | 4,00 | 1,30 | 1,8 | 1,3 |
| WA | Wand Putz - Wärmedämmverbundsystem, 14cm | 184,00 | 0,20 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Bodenplatte - keine Maßnahme | 206,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster - Wärmeschutzverglasung | 35,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |

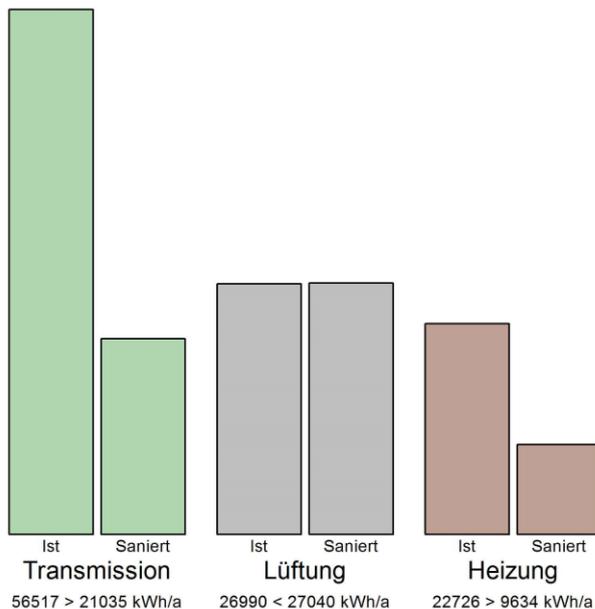
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **48 %**.

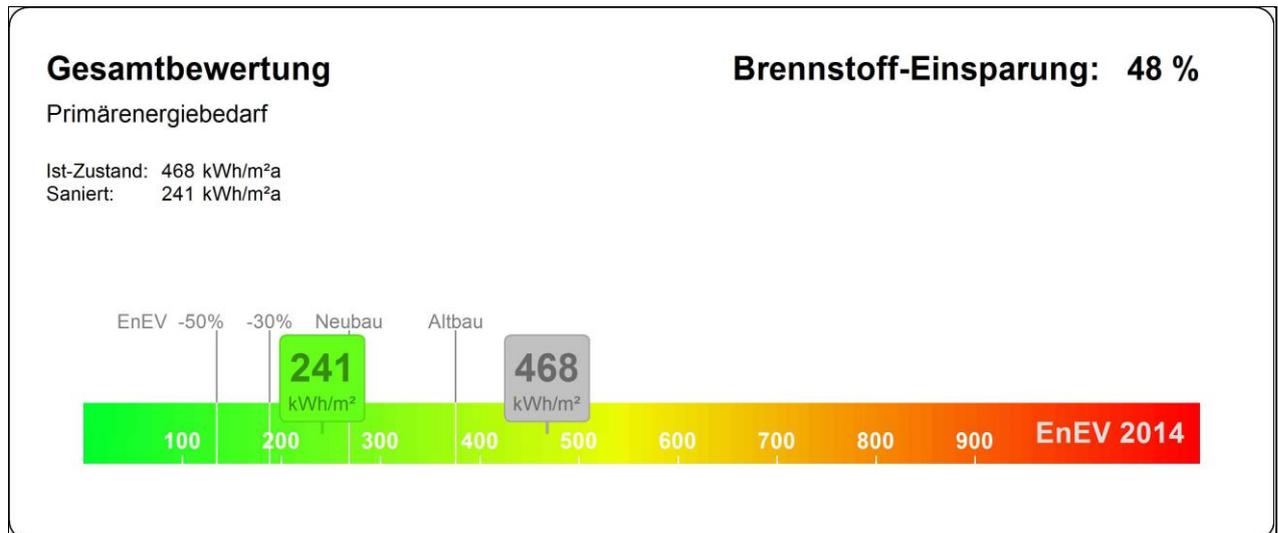
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 96.534 kWh/Jahr reduziert sich auf 49.736 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 46.798 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. (Hinweis: Die Differenz zur Summe der einzelnen Maßnahmen resultiert aus der Vermaschung)

Die CO₂-Emissionen werden um 10.364 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **241 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 5 – Alle Maßnahmen -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 5: Alle Maßnahmen

| Maßnahme | Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|--------------|
| | | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch bezogen | |
| | | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| Dämmung oberste Geschossdecke | 6.750 | 11.165 | 722 | 7.983 | 517 |
| Fassadendämmung | 27.600 | 18.253 | 1.181 | 13.051 | 844 |
| Fenstersanierung | 23.400 | 14.458 | 935 | 10.337 | 669 |
| Hydraulischer Abgleich | 1.200 | 7.375 | 477 | 5.273 | 341 |
| Summe | 58.950 | 51.251 | 3.315 | 36.644 | 2.371 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

3 Anbau alte Grundschule Gillenfeld



Gebäude: Anbau alte Grundschule Gillenfeld
Schulstr. 10
54558 Gillenfeld

Auftraggeber: Verbandsgemeinde Daun
Leopoldstraße 29
54550 Daun

Erstellt von: IBS Ingenieurbüro Stappenbeck GbR
In den Brunnenwiesen 10
69245 Bammental

3.1 Zusammenfassende Darstellung

3.1.1 Allgemein

Für den Anbau an die alte Grundschule Gillenfeld wurde auf der Grundlage einer Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Plänen und Unterlagen eine Feinanalyse zum Klimaschutzteilkonzept, Baustein 3 durchgeführt.

Hierzu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschosdecken und Dachflächen, sowie den Lüftungswärmeverlusten und den Verlusten in der Heizungsanlage, sowie denen der Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen zur Sanierung erarbeitet.

Die Effektivität wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung (End- und Primärenergie), Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) und Schadstoffbelastung (Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxid (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂)) der Maßnahmen beurteilt.

3.1.1.1 Zustand des Gebäudes

Der Anbau befindet sich in einem bauphysikalisch schlechten Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1955. Das Satteldach ist gering gedämmt. Die alten Fenster sind noch vorhanden. Eine wirksame Wärmedämmung an der Außenwand ist nicht vorhanden. Sinnvolle und wirtschaftliche bauphysikalischen Maßnahmen ergeben sich.

3.1.1.2 Energiesparmaßnahmen

Es werden Einsparungsmaßnahmen im bauphysikalischen und technischen Bereich vorgeschlagen. Dabei ist es sinnvoll, die Sanierungsmaßnahmen

- baulich optimal aufeinander abzustimmen,
- die Investitionskosten für das Gesamtpaket der empfohlenen Maßnahmen so gering wie möglich zu halten und
- Förderprogramme optimal auszunutzen.

Wir empfehlen deshalb die Durchführung der bauphysikalischen und technischen Maßnahmen jeweils in einem Zug.

Übersicht aller Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen

| Maßnahme | Ausführungsempfehlung | Maßnahmenkombinationen | |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Maßnahmenkombination 1 | Maßnahmenkombination 2 |
| Dach | Dachdämmung mit Neueindeckung | | X |
| Außenwände | Wärmedämmverbundsystem | | X |
| Fenster | Sanierung der alten Holzfenster | | X |
| Hydraulischer Abgleich | Einregeln des Systems mit neuen, voreinstellbaren Thermostatventilen. Thermostatoberteile mit Maximaltemperaturvorgabe z.B. 22°C | X | |

3.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

3.1.2.1 Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Energiekosteneinsparung und die notwendige Investition (ohne Planungskosten) dargestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten zur Energiekosteneinsparung ergibt sich das Kosten/ Nutzen-Verhältnis. Dies entspricht einer statischen Amortisation ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreiserhöhungen und dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen untereinander.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden liegt bei 81.600 kWh, entsprechend -29,6 % des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch mit diesen Faktor berechnet.

| Maßnahme | Einsparung €/a | Investitions- kosten € | Amortisation Jahre |
|------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Dachdämmung | 1.486 | 86.400 | 58 |
| Fassadendämmung | 1.376 | 28.200 | 20 |
| Fenstersanierung | 957 | 22.800 | 24 |
| Hydraulischer Abgleich | 674 | 15.000 | 22 |
| Summe | 4.493 | 152.400 | 34 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

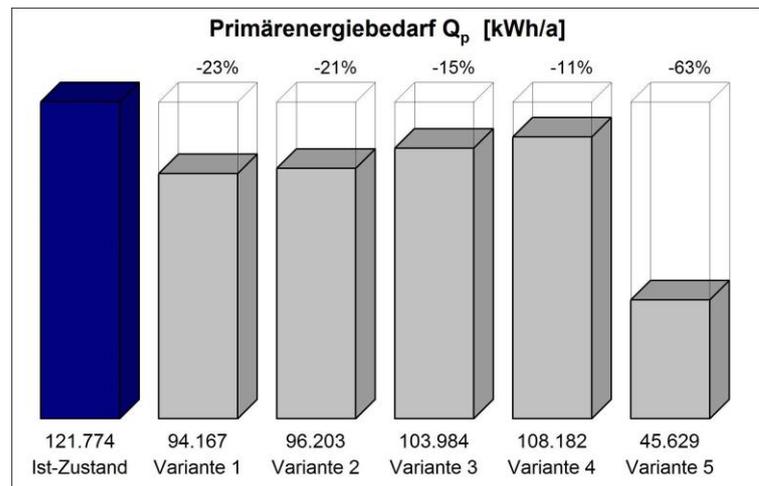
3.1.3 CO₂-Einsparungen

Die CO₂-Reduzierung bei Realisierung aller Maßnahmen beträgt 20.879 kg pro Jahr.

3.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

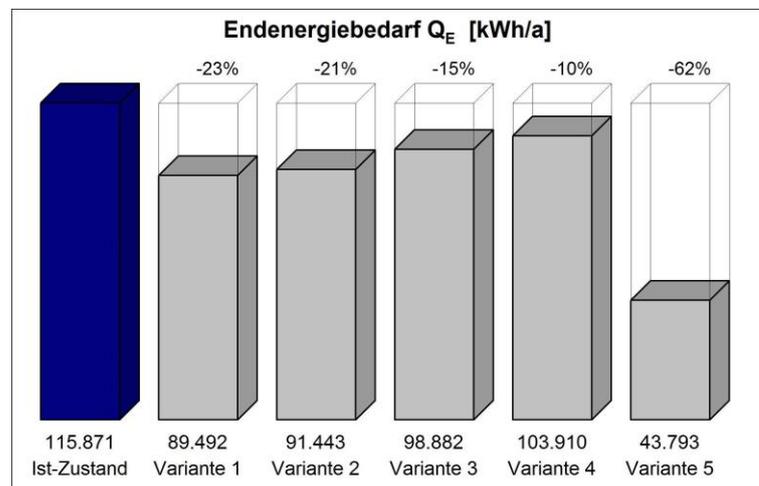
Primärenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Fenstersanierung
- Var.4 - Hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Alle Maßnahmen



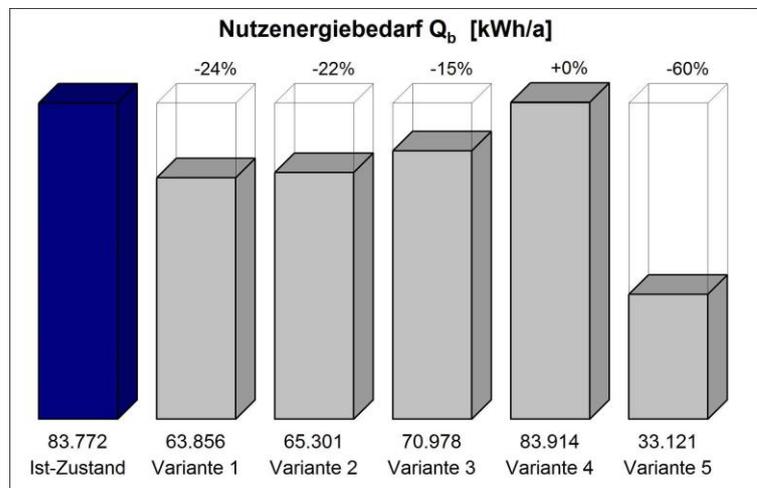
Endenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Fenstersanierung
- Var.4 - Hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Alle Maßnahmen



Nutzenergiebedarf

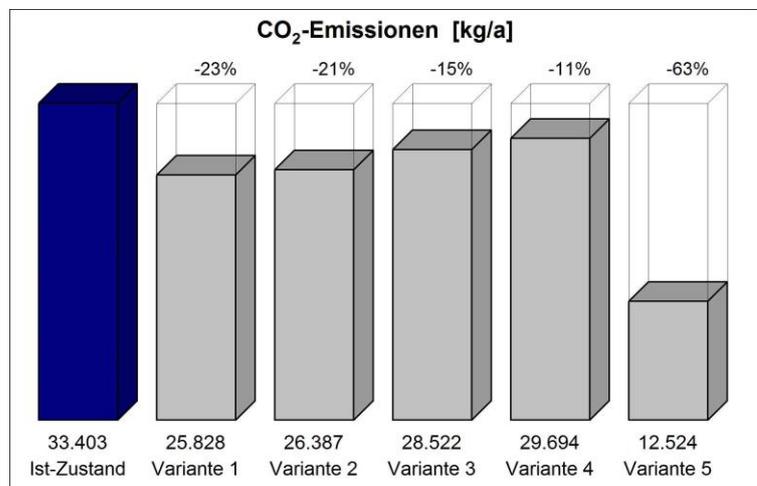
- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Fenstersanierung
- Var.4 - Hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Alle Maßnahmen



Schadstoff-Emissionen

CO₂-Emissionen

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dachdämmung
- Var.2 - Fassadendämmung
- Var.3 - Fenstersanierung
- Var.4 - Hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Alle Maßnahmen



3.2 Energieverbrauch

Erklärung des Unterschieds zwischen Endenergiebedarf und individuellem Endenergieverbrauch vor Sanierung und Darlegung der möglichen Auswirkungen auf die tatsächliche Energieeinsparung nach Sanierung.

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten die Raumtemperaturen und Anzahl bzw. Größe der beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss.

- mittlere Innentemperatur
- Luftwechselrate
- interne Wärmegewinne
- Warmwasser-Wärmebedarf

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

Bei den Angaben zum Energieverbrauch fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das führt zu erheblichen Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

3.2.1 Energieverbrauch und - Kosten über drei Heizperioden

Verbrauchsangaben

Mit dem tatsächlichen Energieverbrauch, ermittelt aus den Verbrauchsmessungen über die letzten 3 Jahre (Heizperioden), werden das individuelle Nutzerverhalten der Bewohner und der Standort des Gebäudes (Klima) berücksichtigt. Die Verbrauchsangaben weichen deshalb von den unter EnEV-Standard-Randbedingungen berechneten Werten ab.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 81.600 kWh/a.

Er liegt damit bei -29,6 % des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch mit diesen Faktor berechnet

3.3 Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung

3.3.1 Gebäude

| | | | |
|------------------------------|-------------------|--------|-----------------|
| Ort: | 54558 Gillenfeld | | |
| Bundesland: | Rheinland-Pfalz | | |
| Gebäudetyp: | Nichtwohngebäude | | |
| Baujahr: | 1955 | | |
| Lage: | Ortsrand | | |
| Nutzung: | Nichtwohngebäude. | | |
| Bauweise | massive Bauweise | | |
| Vollgeschosse | 1 | | |
| Beheiztes Gebäudevolumen: | $V_e =$ | 840,00 | m ³ |
| Gebäudehüllfläche: | $A =$ | 826,00 | m ² |
| Kompaktheit: | $A/V =$ | 1,65 | m ⁻¹ |
| Energiebezugsfläche: | $A_{NGF} =$ | 240,00 | m ² |
| Luftvolumen: | $V_L =$ | 672,00 | m ³ |

3.3.1.1 Bauweise

Das Gebäude ist in Massivbauweise erstellt und besitzt 1 Vollgeschoss. Das Gebäude ist nicht unterkellert und hat ein gering gedämmtes Satteldach

3.3.1.2 Gebäudehülle

Thermische Hülle

| Typ | Bauteil | Orientierung | Neigung | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K |
|-----|----------------|--------------|---------|--------------------------|------------------------------|
| DA | Dach | NW | 45 | 360,00 | 0,80 |
| WA | Wand Putz | N | 90 | 36,00 | 1,40 |
| WA | Wand Putz | O | 90 | 69,00 | 1,40 |
| WA | Wand Putz | S | 90 | 48,00 | 1,40 |
| WA | Wand Putz | W | 90 | 35,00 | 1,40 |
| WE | Boden Erdreich | | 0 | 240,00 | 1,00 |
| FA | Alte Fenster | N | 90 | 9,00 | 5,00 |
| FA | Alte Fenster | O | 90 | 15,00 | 5,00 |
| FA | Alte Fenster | S | 90 | 4,00 | 5,00 |
| FA | Alte Fenster | W | 90 | 10,00 | 5,00 |

3.3.1.3 Fotografische Darstellung des Gebäudes

Dach mit Schiefereindeckung



Fassade Giebel- und Westseite



**Alte Fenster, Metallrahmen
geschweißt**



**Fensterdetail, extrem schlechter
Zustand**



Fassade Ostseite



Eingangsbereich, einfachverglast



3.3.1.4 Baulicher und wärmetechnischer Zustand

Allgemein

Der Anbau befindet sich in einem schlechten bauphysikalischen Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1955. Sanierungsmaßnahmen wurden nicht ausgeführt. Es sind bauliche Mängel und Schäden am Gebäudekern (Durchfeuchtung, Schimmelbildung, Risse) erkennbar. Ein erheblicher Sanierungsstau liegt vor.

Fenster und Türen

Die alten Fenster sind noch vorhanden. Der Zustand ist extrem schlecht. Es ist keine thermische Trennung vorhanden. Die Einfach-Verbundverglasung ist zum Teil defekt. Die Fenster sind undicht.

Außenwandflächen

Die Außenwände bestehen aus Mauerwerk, ca. 30 cm stark. Eine Wärmedämmung ist nicht vorhanden.

Dachflächen

Das Satteldach ist mit einer geringen Wärmedämmung versehen. Die Dacheindeckung ist aus Schiefer.

3.3.1.5 Wärmeschutztechnische Einstufung der 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 EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

| | Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|---|-----|----------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| X | DA | Dach | 360,00 | 0,80 | 0,24 | 0,14 |
| X | WA | Wand Putz | 188,00 | 1,40 | 0,24 | 0,20 |
| X | WE | Boden Erdreich | 240,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| X | FA | Alte Fenster | 38,00 | 5,00 | 1,3 | 0,95 |

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

3.3.1.6 Bewertung der Gebäudehülle

Die Gebäudehülle befindet sich in einem bauphysikalisch erheblich sanierungsbedürftigen Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1955. Das Dach ist gering gedämmt. Die Fassade ist ungedämmt. Die Fenster Baujahr 1955 sind in einem extrem schlechten Zustand.

3.4 Anlagentechnik

3.4.1 Heizungsanlage

Die Wärmeversorgung erfolgt über die Kesselanlage in der Grundschule der Ortsgemeinde Gillenfeld. Als Brennstoff dient Heizöl.

| | | | |
|-----------------------|---|-------------|------|
| Kessel | : | 1 | |
| Fabrikat | : | Buderus | |
| Typ | : | G 305 | |
| Baujahr | : | 1996 | |
| Heizmedium | : | Warmwasser | |
| Leistung | : | 95,00 | kW |
| Bereitschaftszeit | : | 6.480,00 | h/a |
| Brenner | : | Weishaupt | |
| Typ | : | WL 20 Z-A | |
| Brennstoff | : | Heizöl „EL“ | |
| Leistungsbereich | : | 5,00 – 7,60 | kg/h |
| Jahresenergieeinsatz | : | 53.603,00 | kWh |
| Abgastemperatur | : | 151,00 | °C |
| Kohlendioxide | : | 12,10 | % |
| Abgasverluste | : | 8,55 | kW |
| | : | 9,00 | % |
| Brennerlaufzeit | : | 564,24 | h/a |
| Bereitschaftszeit | : | 6.480,00 | h/a |
| Feuerungswirkungsgrad | : | 91,00 | % |
| Kesselwirkungsgrad | : | 91,00 | % |

Kesselanlage



3.5 Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes

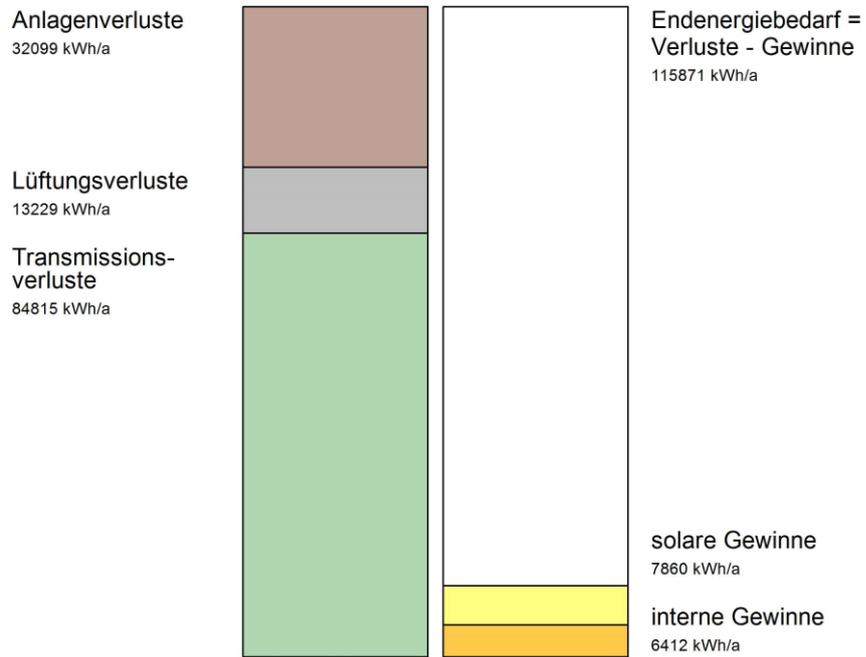
3.5.1 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss man den vorhandenen Energieverbrauch beurteilen können. Dazu dient die Energiebilanz. Es werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle (Transmission der Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie (Anlagenverluste der Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie).

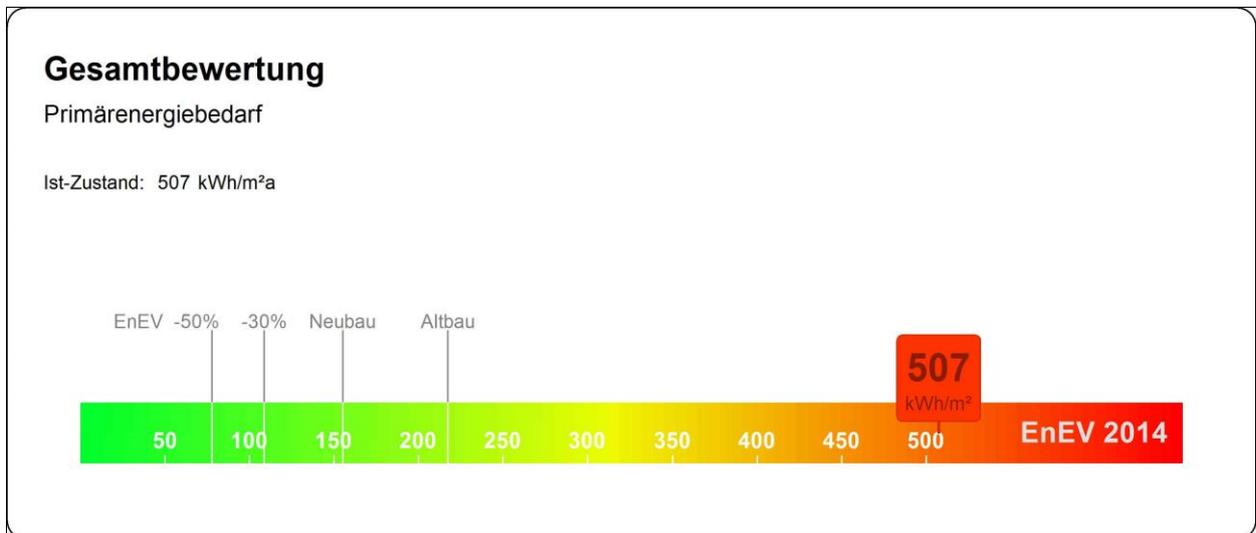
Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt.

| Energiebilanz des Gebäudes | jährlich [kWh/a] | anteilig [%] |
|----------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| Verluste | | |
| Transmissionsverluste | 84.815 | 65,2 |
| Lüftungsverluste | 13.229 | 10,2 |
| Anlagenverluste | 32.099 | 24,7 |
| Gesamt | 130.144 | 100 |
| Gewinne | | |
| Solare Wärmegewinne | 7.860 | 55,1 |
| Interne Wärmegewinne | 6.412 | 44,9 |
| Gesamt | 14.272 | 100 |
| Endenergiebedarf Q_E | | |
| Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung) | 115.871 | |
| Endenergiebedarf $Q_{HE,E}$ (Hilfsenergie) | 0 | |
| Gesamt | 115.900 | |
| Primärenergiebedarf Q_P | 121.774 | |



3.6 Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 507 kWh/m²a.



3.7 Energetisches Sanierungskonzept

3.7.1 Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung

Variante 1 : Dachdämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Dach/oberste Decke: Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung), 18 cm

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach - Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung), 18cm | 360,00 | 0,17 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand Putz | 188,00 | 1,40 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Boden Erdreich | 240,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster | 38,00 | 5,00 | 1,3 | 0,95 |

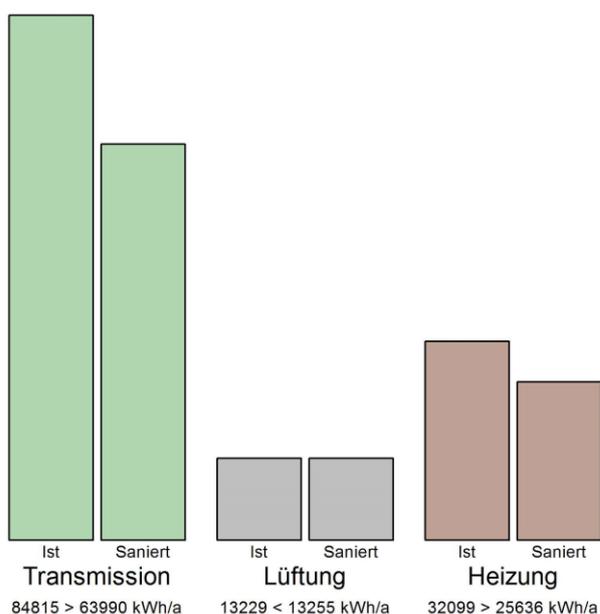
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **23 %**.

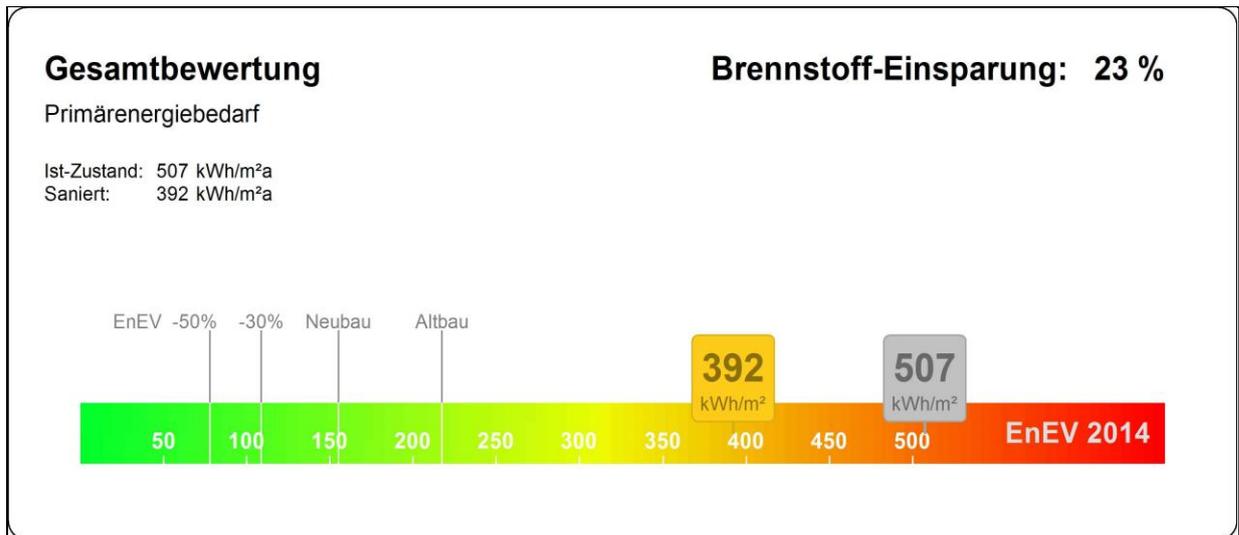
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 115.871 kWh/Jahr reduziert sich auf 89.492 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 26379 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 7.575 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **392 kWh/m²** pro Jahr.



Variante 1 : Dachdämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Dach: Dämmung oberste Geschoßdecke

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach - Dämmung oberste Geschoßdecke | 225,00 | 0,18 | 0,24 | 0,14 |
| TA | Einfachverglasung | 4,00 | 5,00 | 1,8 | 1,3 |
| WA | Wand Putz | 184,00 | 1,10 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Bodenplatte | 206,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster | 35,00 | 4,30 | 1,3 | 0,95 |

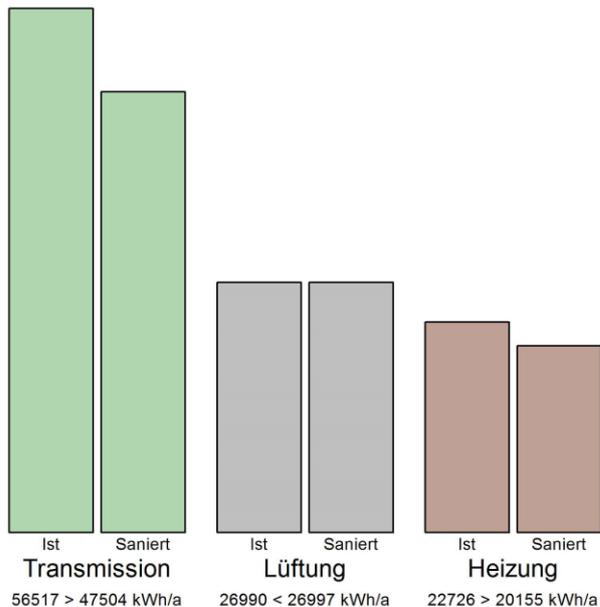
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **12 %**.

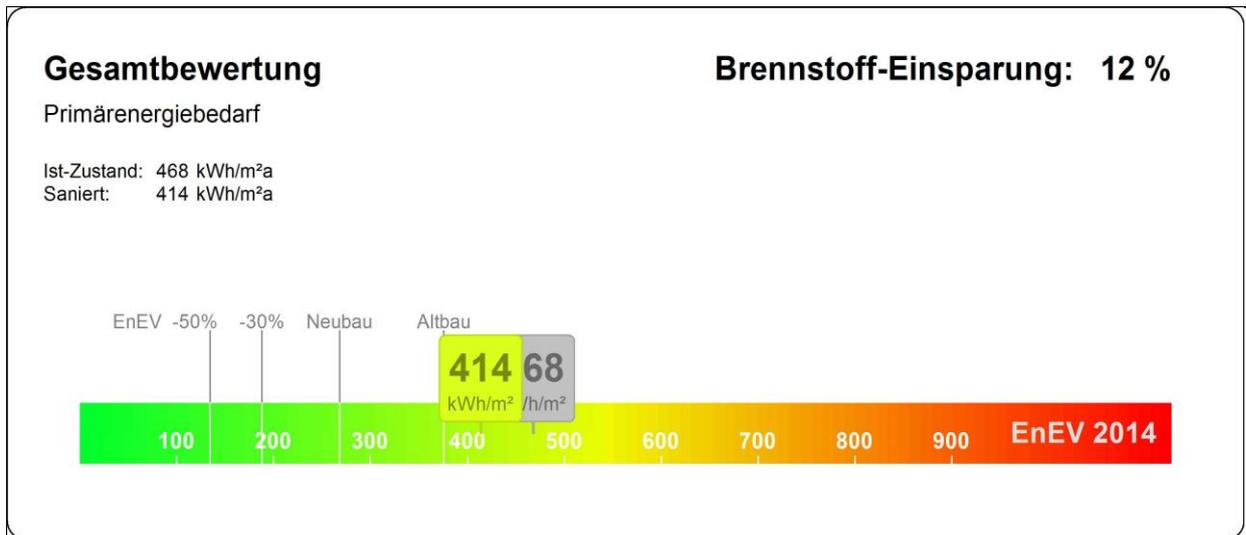
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 96.534 kWh/Jahr reduziert sich auf 85.369 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 11.165 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.469 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **414 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 1 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 1: Dachdämmung mit Neueindeckung

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 86.400 | 26.379 | 2.110 | 18.571 | 1.486 |

Alle Kosten verstehen sich brutto

Variante 2 : Fassadendämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Außenwände: Wärmedämmverbundsystem, 14 cm

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach | 360,00 | 0,80 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand Putz - Wärmedämmverbundsystem, 14cm | 188,00 | 0,21 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Boden Erdreich | 240,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster | 38,00 | 5,00 | 1,3 | 0,95 |

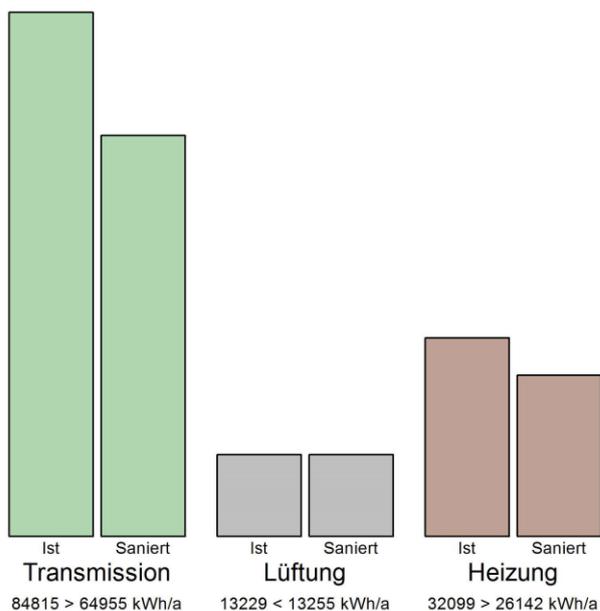
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **21 %**.

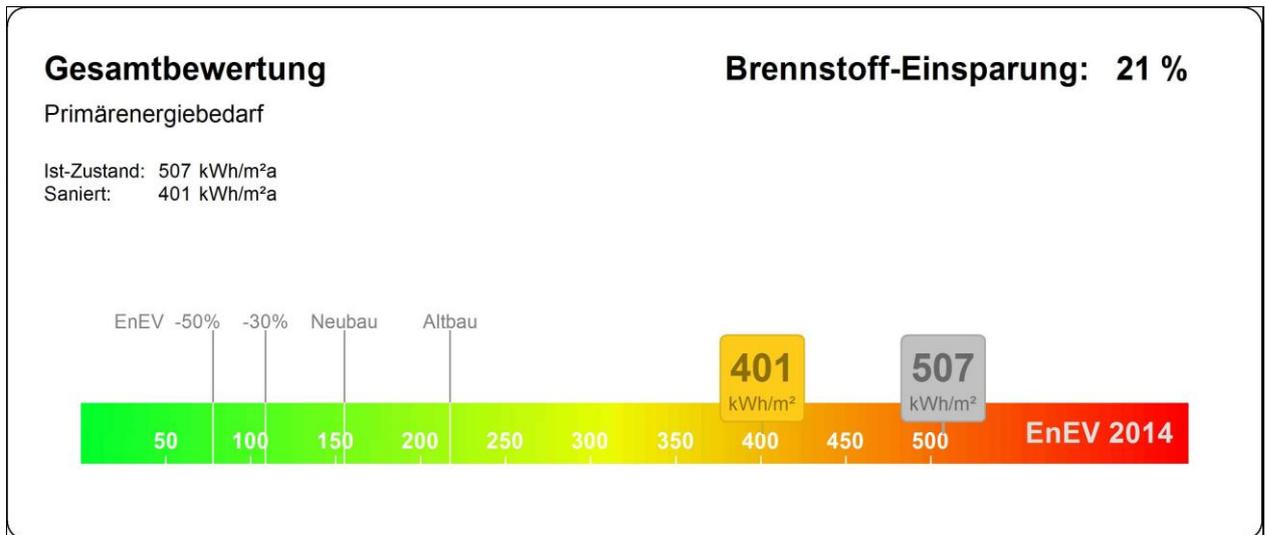
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 115.871 kWh/Jahr reduziert sich auf 91.443 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 24.428 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 7.016 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **401 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 2 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 2: Fassadendämmung

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 28.200 | 24.428 | 1.954 | 17.197 | 1.376 |

Alle Kosten verstehen sich brutto inkl. Demontage und Entsorgung der vorhandenen Verkleidung.

Variante 3 : Fenstersanierung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Fenster: neue Fenster mit Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

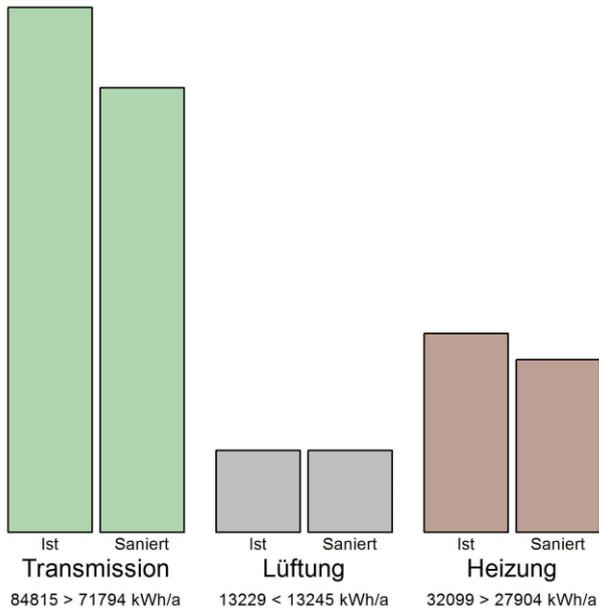
| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach | 360,00 | 0,80 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand Putz | 188,00 | 1,40 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Boden Erdreich | 240,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster - Wärmeschutzverglasung | 38,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |

- *) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.
- **) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **15 %**.

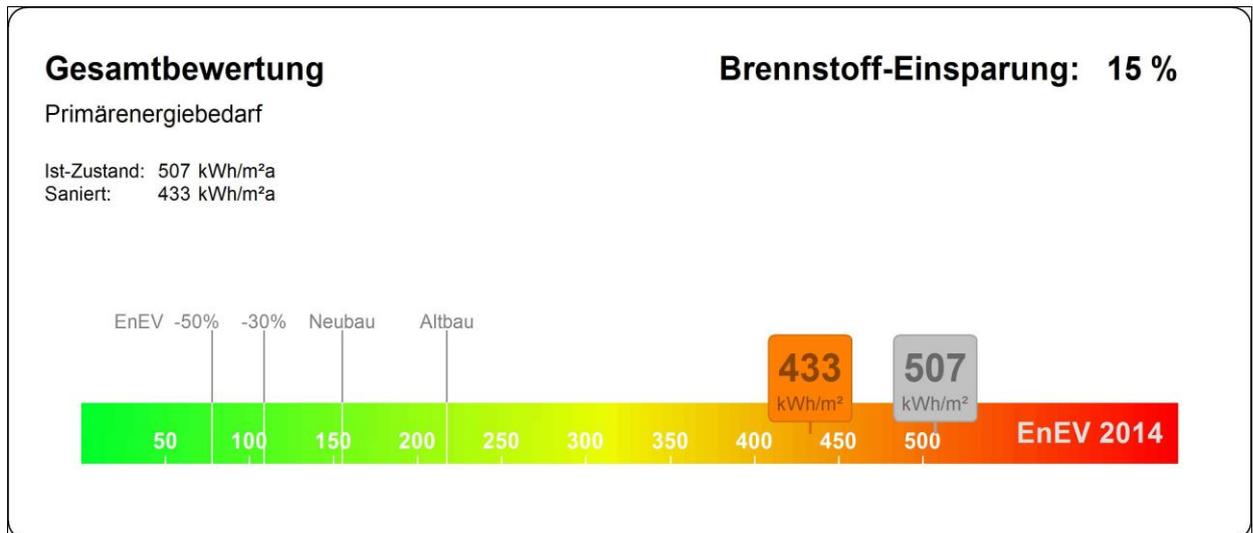
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 115.871 kWh/Jahr reduziert sich auf 98.882 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 16.990 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.881 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **433 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 3 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 3: Fenstersanierung

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 22.800 | 16.990 | 1.359 | 11.961 | 957 |

Alle Kosten verstehen sich brutto

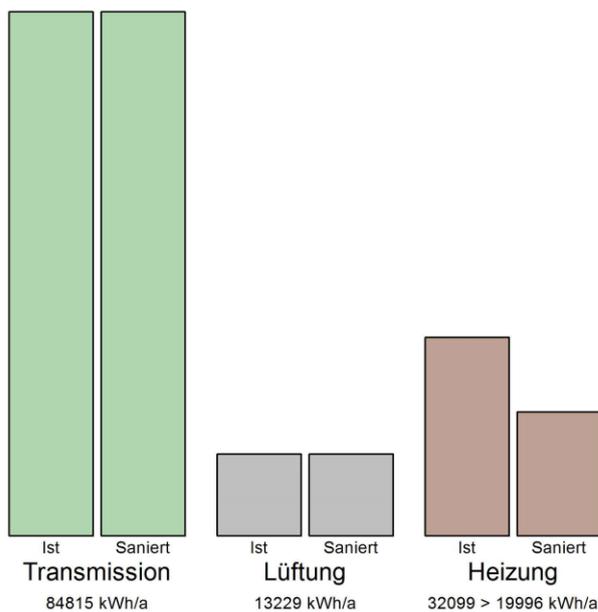
Variante 4 : Hydraulischer Abgleich

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

- Einsatz neuer, voreinstellbarer Thermostatventile, neue Heizkörper, geregelte Umwälzpumpen, Maximaltemperaturbegrenzung.

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **10 %**.

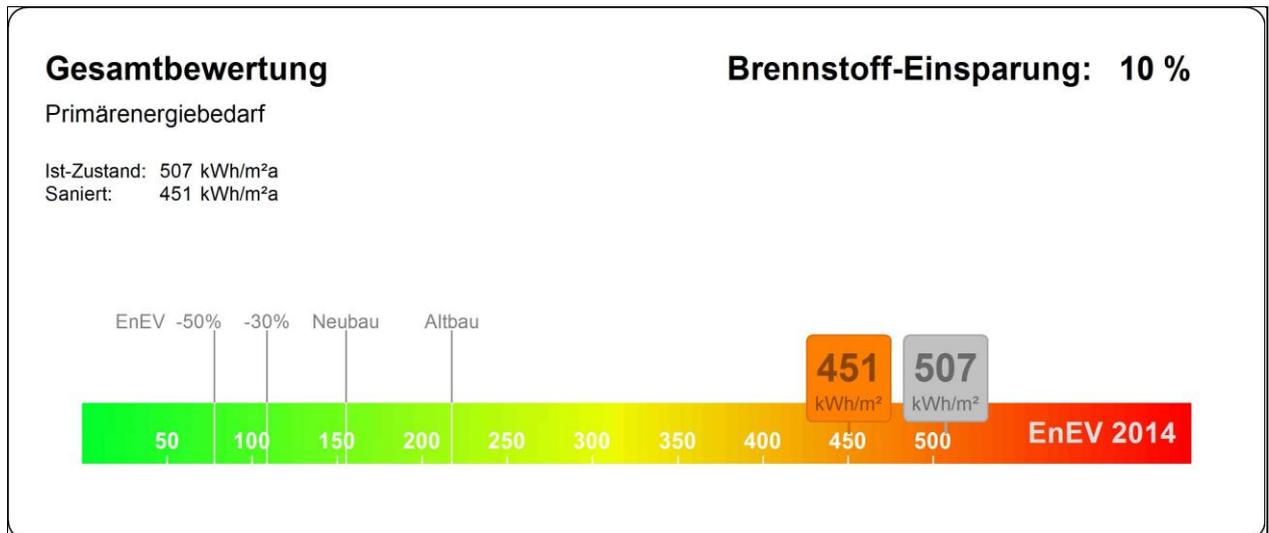
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 115.871 kWh/Jahr reduziert sich auf 103.910 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 11.961 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.709 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **451 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 4 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 4: Hydraulischer Abgleich

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 15.000 | 11.961 | 957 | 8.420 | 674 |

Alle Kosten verstehen sich brutto

Variante 5 : Alle Maßnahmen

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

- Außenwände:** Wärmedämmverbundsystem, 14 cm
- Dach/oberste Decke:** Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung), 18 cm
- Fenster:** neue Fenster mit Wärmeschutzverglasung
- Technik:** neue Heizkörper und hydraulischer Abgleich

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach - Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung), 18cm | 360,00 | 0,17 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand Putz - Wärmedämmverbundsystem, 14cm | 188,00 | 0,21 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Boden Erdreich - keine Maßnahme | 240,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster - Wärmeschutzverglasung | 38,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |

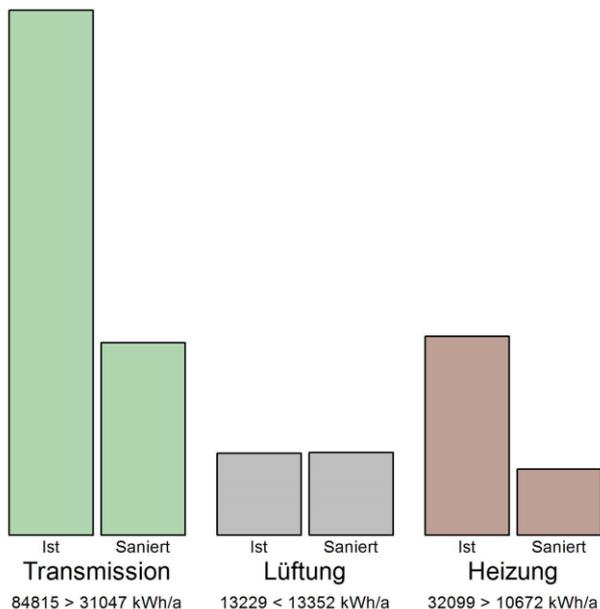
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **62 %**.

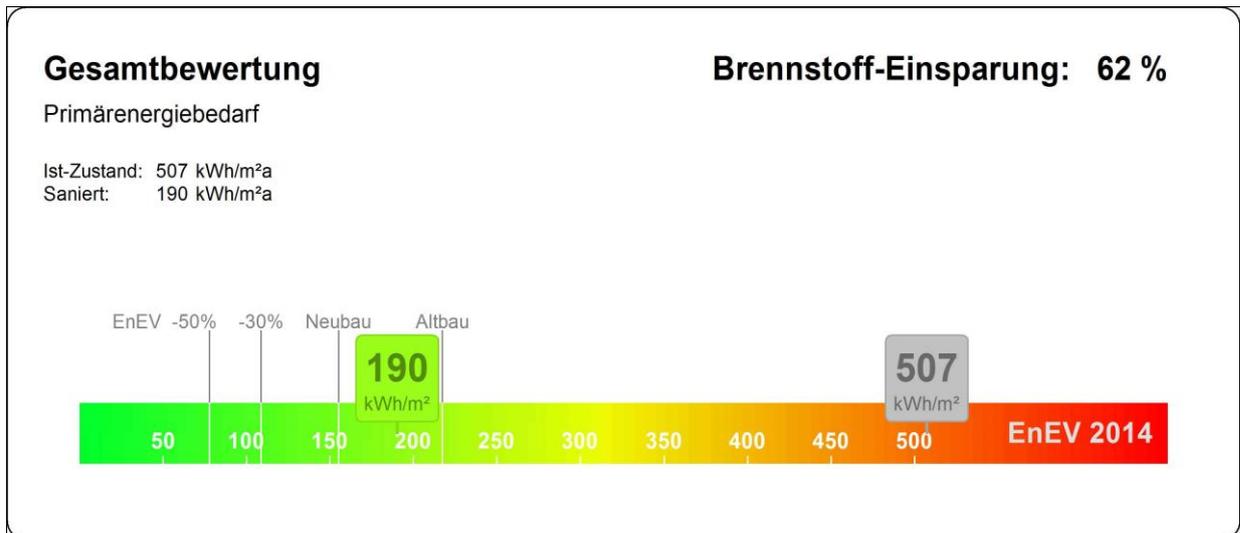
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 115.871 kWh/Jahr reduziert sich auf 43.793 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 72.078 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. (Hinweis: Der Unterschied zur Summe der einzelnen Maßnahmen resultiert aus der Vermaschung)

Die CO₂-Emissionen werden um 20.879 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **190 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 5 – Alle Maßnahmen -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 5: Alle Maßnahmen

| Maßnahme | Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|--------------|
| | | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch bezogen | |
| | | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| Dachdämmung | 86.400 | 26.379 | 2.110 | 18.571 | 1.486 |
| Fassadendämmung | 28.200 | 24.428 | 1.954 | 17.197 | 1.376 |
| Fenstersanierung | 22.800 | 16.990 | 1.359 | 11.961 | 957 |
| Hydraulischer Abgleich | 15.000 | 11.961 | 957 | 8.420 | 674 |
| Summe | 152.400 | 79.758 | 6.378 | 56.149 | 4.423 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

4 Grundschule Üdersdorf



Gebäude: Grundschule Üdersdorf
Neue Schulstr. 37
54552 Üdersdorf

Auftraggeber: Verbandsgemeinde Daun
Leopoldstraße 29
54550 Daun

Erstellt von: IBS Ingenieurbüro Stappenbeck GbR
In den Brunnenwiesen 10
69245 Bammental

4.1 Zusammenfassende Darstellung

4.1.1 Allgemein

Für die Grundschule Üdersdorf der Verbandsgemeinde Daun wurde auf der Grundlage einer Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Plänen und Unterlagen eine Feinanalyse zum Klimaschutzteilkonzept, Baustein 3 durchgeführt.

Hierzu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschosdecken und Dachflächen, sowie den Lüftungswärmeverlusten und den Verlusten in der Heizungsanlage, sowie denen der Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen zur Sanierung erarbeitet.

Die Effektivität wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung (End- und Primärenergie), Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) und Schadstoffbelastung (Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxid (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂)) der Maßnahmen beurteilt.

4.1.1.1 Zustand des Gebäudes

Die Grundschule Üdersdorf befindet sich in einem bauphysikalisch akzeptablen Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1975. Das Satteldach wurde saniert. Es wurde mit einer neuen Wärmedämmung versehen. Es sind isolierverglaste Kunststofffenster vorhanden. Diese sind zum Teil neu. Zum Teil sind Kunststofffenster vorhanden. Eine wirksame Wärmedämmung an der Außenwand ist nicht vorhanden. Sinnvolle und wirtschaftliche bauphysikalischen Maßnahmen ergeben sich.

4.1.1.2 Energiesparmaßnahmen

Es werden Einsparungsmaßnahmen im bauphysikalischen und technischen Bereich vorgeschlagen. Dabei ist es sinnvoll, die Sanierungsmaßnahmen

- baulich optimal aufeinander abzustimmen,
- die Investitionskosten für das Gesamtpaket der empfohlenen Maßnahmen so gering wie möglich zu halten und
- Förderprogramme optimal auszunutzen.

4.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

4.1.2.1 Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Energiekosteneinsparung und die notwendige Investition (ohne Planungskosten) dargestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten zur Energiekosteneinsparung ergibt sich das Kosten/ Nutzen-Verhältnis. Dies entspricht einer statischen Amortisation ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreiserhöhungen und dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen untereinander.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden liegt bei -8,7 % des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen, bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch, mit diesen Faktoren berechnet.

| Maßnahme | Einsparung €/a | Investitions- kosten € | Amortisation Jahre |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|
| Sanierung alte Fenster Klassenräume | 680 | 27.000 | 40 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

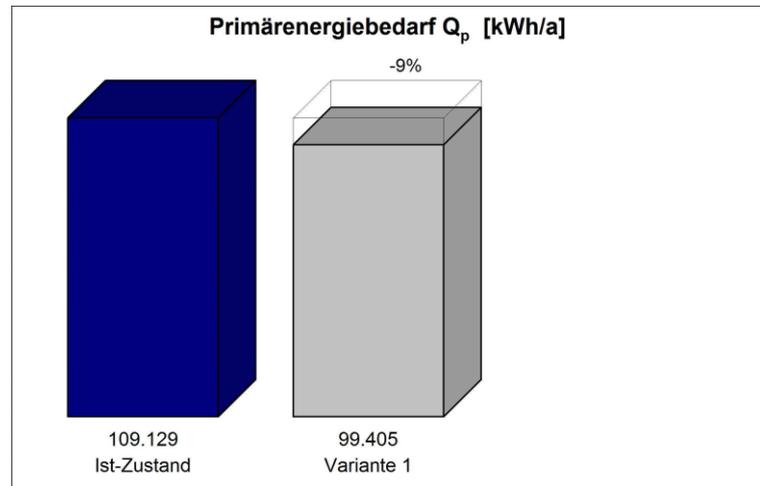
4.1.3 CO₂-Einsparungen

Die CO₂-Reduzierung bei Realisierung aller Maßnahmen beträgt 2.668 kg pro Jahr.

4.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

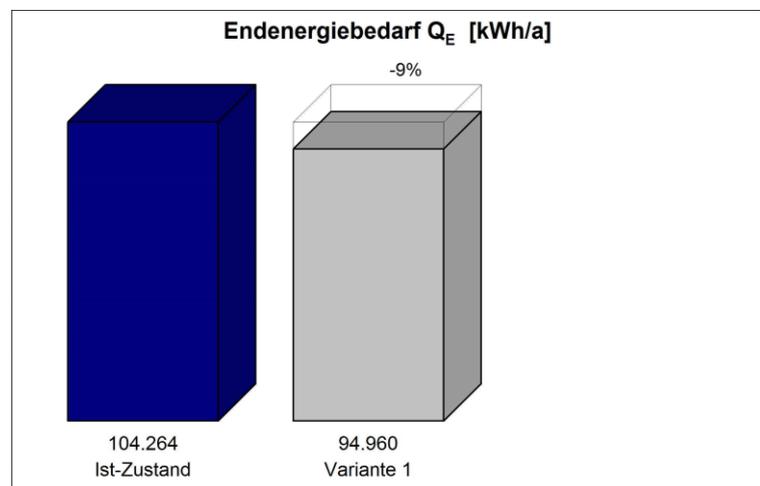
Primärenergiebedarf

Ist-Zustand
Var.1 - Fenstersanierung Klassenzimmer



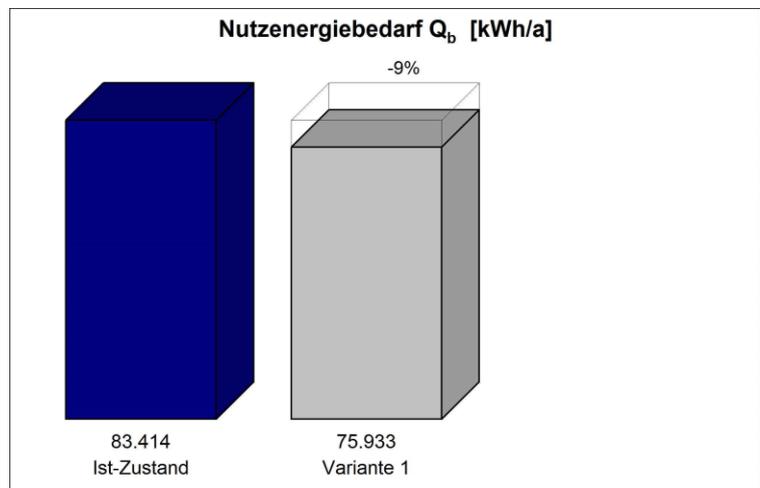
Endenergiebedarf

Ist-Zustand
Var.1 - Fenstersanierung Klassenzimmer



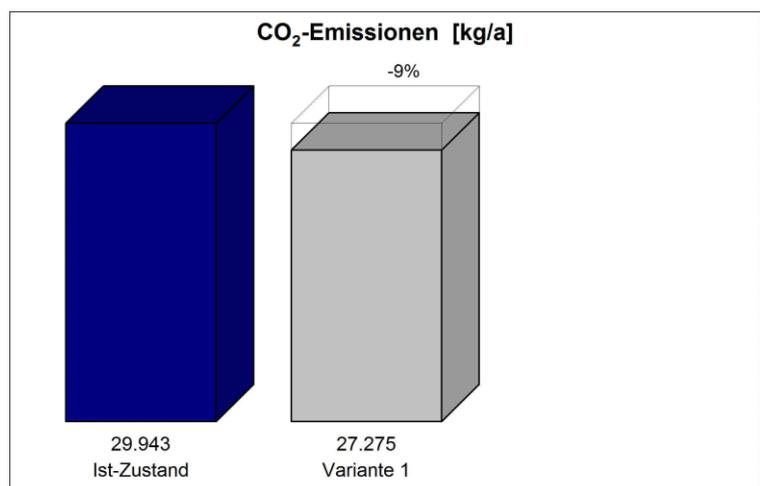
Nutzenergiebedarf

Ist-Zustand
Var.1 - Fenstersanierung Klassenzimmer



CO₂-Emissionen

Ist-Zustand
Var.1 - Fenstersanierung Klassenzimmer



4.2 Energieverbrauch

Erklärung des Unterschieds zwischen Endenergiebedarf und individuellem Endenergieverbrauch vor Sanierung und Darlegung der möglichen Auswirkungen auf die tatsächliche Energieeinsparung nach Sanierung.

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten die Raumtemperaturen und Anzahl bzw. Größe der beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss.

- mittlere Innentemperatur
- Luftwechselrate
- interne Wärmegewinne
- Warmwasser-Wärmebedarf

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

Bei den Angaben zum Energieverbrauch fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das führt zu erheblichen Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

4.2.1 Energieverbrauch und –kosten über drei Heizperioden

Verbrauchsangaben

Mit dem tatsächlichen Energieverbrauch, ermittelt aus den Verbrauchsmessungen über die letzten 3 Jahre (Heizperioden), werden das individuelle Nutzerverhalten der Bewohner und der Standort des Gebäudes (Klima) berücksichtigt. Die Verbrauchsangaben weichen deshalb von den unter EnEV-Standard-Randbedingungen berechneten Werten ab.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 83.877 kWh/a.

Er liegt damit bei -8,7 % des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch mit diesen Faktor berechnet

4.3 Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung

4.3.1 Gebäude

| | | | |
|------------------------------|-------------------|----------|-----------------|
| Ort: | 54552 Üdersdorf | | |
| Bundesland: | Rheinland-Pfalz | | |
| Gebäudetyp: | Nichtwohngebäude | | |
| Baujahr: | 1975 | | |
| Lage: | Ortsrand | | |
| Nutzung: | Nichtwohngebäude. | | |
| Bauweise | Massivbauweise | | |
| Vollgeschosse | 1 | | |
| Beheiztes Gebäudevolumen: | $V_e =$ | 2.117,50 | m ³ |
| Gebäudehüllfläche: | $A =$ | 1.243,00 | m ² |
| Kompaktheit: | $A/V =$ | 2,49 | m ⁻¹ |
| Energiebezugsfläche: | $A_{NGF} =$ | 605,00 | m ² |
| Luftvolumen: | $V_L =$ | 1.694,00 | m ³ |

4.3.1.1 Bauweise

Das Gebäude ist in Massivbauweise erstellt und besitzt 1 Vollgeschoss sowie einen angebauten Dachbereich. Das Gebäude ist teilunterkellert und hat ein Satteldach.

4.3.1.2 Gebäudehülle

Thermische Hülle

| Typ | Bauteil | Orientierung | Neigung | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K |
|-----|--------------------------------------|--------------|---------|--------------------------|------------------------------|
| DA | Dach | N | 35 | 499,00 | 0,20 |
| WA | Wand | N | 90 | 109,00 | 0,80 |
| WA | Wand | O | 90 | 77,00 | 0,80 |
| WA | Wand | S | 90 | 84,00 | 0,80 |
| WA | Wand | W | 90 | 77,00 | 0,80 |
| WE | Bodenplatte | | 0 | 337,00 | 1,00 |
| FA | Alte Fenster Giebelseite und Klassen | S | 90 | 45,00 | 3,00 |
| FA | Neue Fenster | S | 90 | 15,00 | 1,90 |

4.3.1.3 Fotografische Darstellung des Gebäudes

Natursteinfassade Hofseite



Dach, neu eingedeckt



Fassade Straßenseite



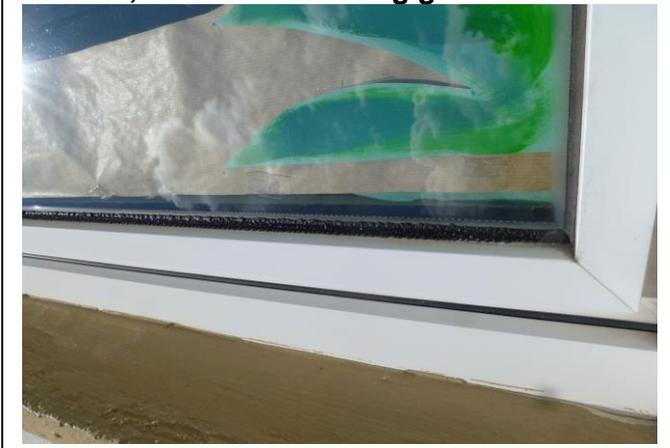
Fassade Giebelseite



Alte Kunststofffenster



Fenster, Detail Kit/Dichtung geschmolzen



Fenster-Detail/Kunststoff verzogen



4.3.1.4 Baulicher und wärmetechnischer Zustand

Allgemein

Die Grundschule Üdersdorf befindet sich in einem guten bauphysikalischen Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1975. Sanierungsmaßnahmen wurden ausgeführt. Es sind keine baulichen Mängel und Schäden am Gebäudekern (Durchfeuchtung, Schimmelbildung, Risse) erkennbar.

Fenster und Türen

Die alten Fenster sind in den Klassenräumen sanierungsbedürftig. Schäden am Kunststoffrahmen und an den Dichtungen sind vorhanden. Zum Teil sind neue Fenster vorhanden.

Außenwandflächen

Die massiven Außenwände sind ca. 54 cm stark. Zum größten Teil ist Natursteinmauerwerk vorhanden. Auf den Giebelseiten und zur Straße ist die Fassade verputzt. Eine Wärmedämmung ist nicht vorhanden.

Dachflächen

Das Satteldach wurde saniert. Es wurde mit einer Wärmedämmung versehen.

4.3.1.5 Wärmeschutztechnische Einstufung der 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 EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

| | Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|---|-----|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| | DA | Dach | 499,00 | 0,20 | 0,24 | 0,14 |
| X | WA | Wand | 347,00 | 0,80 | 0,24 | 0,20 |
| X | WE | Bodenplatte | 337,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| X | FA | Alte Fenster Giebelseite und Klassen | 45,00 | 3,00 | 1,3 | 0,95 |
| X | FA | Neue Fenster | 15,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

4.3.1.6 Bewertung der Gebäudehülle

Die Gebäudehülle befindet sich in einem bauphysikalisch guten Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1975. Das Satteldach wurde saniert. Es wurde mit einer neuen Wärmedämmung versehen. Es sind zum Teil alte, isolierverglaste Kunststofffenster, zum Teil neue isolierverglaste Fenster vorhanden. Eine Wärmedämmung an der Außenwand ist nicht vorhanden.

4.4 Anlagentechnik

4.4.1 Heizungsanlage

| | | | |
|-----------------------|---|-------------|-----|
| Kessel | : | 1 | |
| Fabrikat | : | Buderus | |
| Typ | : | G 225 | |
| Baujahr | : | 2015 | |
| Heizmedium | : | Warmwasser | |
| Leistung | : | 68,00 | kW |
| Bereitschaftszeit | : | 6.480,00 | h/a |
| Brenner | : | Buderus | |
| Typ | : | G 225 | |
| Brennstoff | : | Heizöl „EL“ | |
| Leistungsbereich | : | 73,00 | kW |
| Jahresenergieeinsatz | : | 91.877,00 | kWh |
| Abgastemperatur | : | 50,00 | °C |
| Kohlendioxide | : | 11,80 | % |
| Abgasverluste | : | 1,22 | kW |
| | : | 1,80 | % |
| Brennerlaufzeit | : | 1.304,55 | h/a |
| Strahlungsverluste | : | 0,41 | kW |
| | : | 0,60 | % |
| Bereitschaftszeit | : | 6.480,00 | h/a |
| Bereitschaftsverluste | : | 0,20 | kW |
| | : | 0,30 | % |
| Feuerungswirkungsgrad | : | 98,20 | % |
| Kesselwirkungsgrad | : | 97,30 | % |

Heizkessel



4.5 Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes

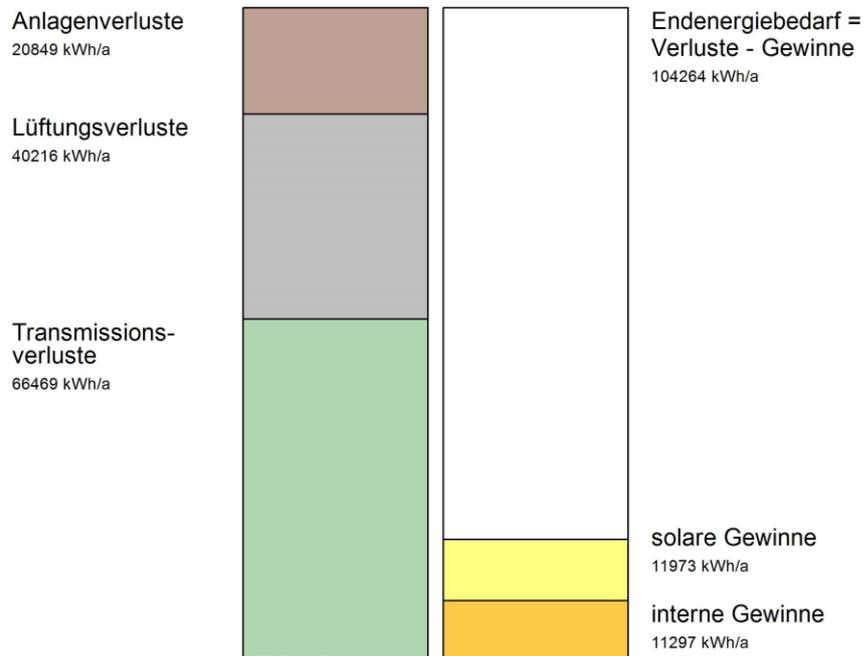
4.5.1 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss man den vorhandenen Energieverbrauch beurteilen können. Dazu dient die Energiebilanz. Es werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle (Transmission der Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie (Anlagenverluste der Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie).

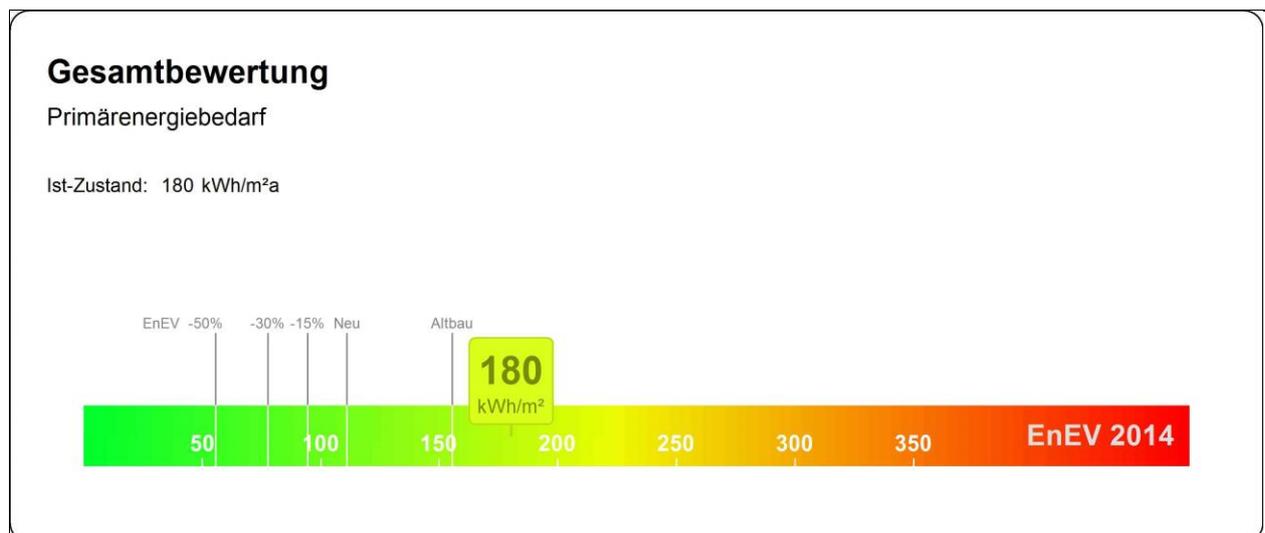
Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt.

| Energiebilanz des Gebäudes | jährlich [kWh/a] | anteilig [%] |
|----------------------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Verluste | | |
| Transmissionsverluste | 66.469 | 52,1 |
| Lüftungsverluste | 40.216 | 31,5 |
| Anlagenverluste | 20.849 | 16,3 |
| Gesamt | 127.534 | 100 |
| Gewinne | | |
| Solare Wärmegewinne | 11.973 | 51,5 |
| Interne Wärmegewinne | 11.297 | 48,5 |
| Gesamt | 23.271 | 100 |
| Endenergiebedarf Q_E | | |
| Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung) | 104.264 | |
| Endenergiebedarf $Q_{HE,E}$ (Hilfsenergie) | 0 | |
| Gesamt | 104.300 | |
| Primärenergiebedarf Q_P | 109.129 | |



4.6 Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 180 kWh/m²a.



4.7 Energetisches Sanierungskonzept

4.7.1 Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung

Variante 1 : Fenstersanierung Klassenzimmer

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Fenster: Sanierung der Fenster Giebelseiten und Klassenräume mit Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach - keine Maßnahme | 499,00 | 0,20 | 0,24 | 0,14 |
| WA | Wand - keine Maßnahme | 347,00 | 0,80 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Bodenplatte - keine Maßnahme | 337,00 | 1,00 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Alte Fenster Giebelseite und Klassen - Wärmeschutzverglasung | 45,00 | 1,10 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Neue Fenster - keine Maßnahme | 15,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |

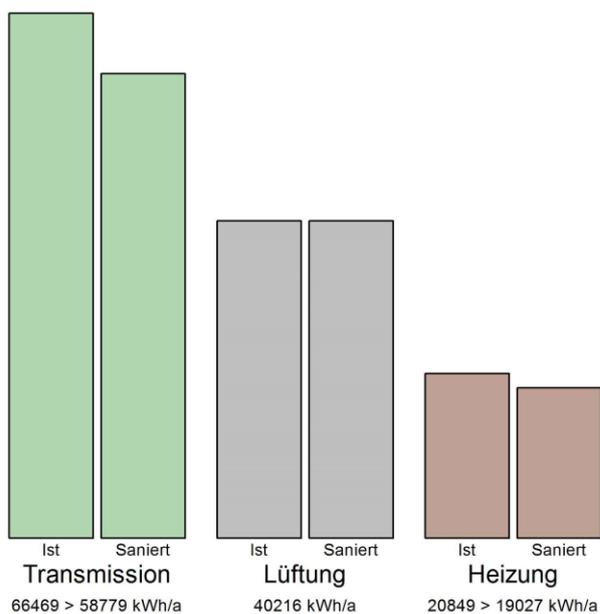
*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **9 %**.

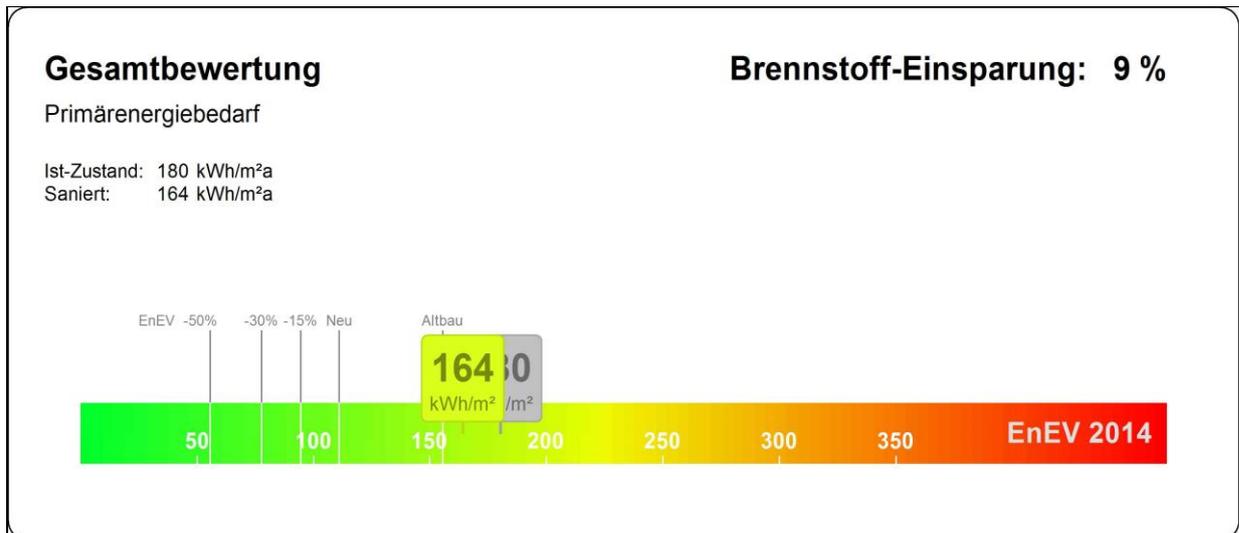
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 104.264 kWh/Jahr reduziert sich auf 94960 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 9.303 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.668 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **164 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 1 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 1: Sanierung der Fenster Giebelseite und Klassenräume

| Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|-------|
| | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch be- zogen | |
| | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| 27.000 | 9.303 | 744 | 8.494 | 680 |

Alle Kosten verstehen sich brutto

5 Feuerwehr Daun



Gebäude: Feuerwehr
 Bonner Str. 8a
 54550 Daun

Auftraggeber: Verbandsgemeinde Daun
 Leopoldstraße 29
 54550 Daun

Erstellt von: IBS Ingenieurbüro Stappenbeck GbR
 In den Brunnenwiesen 10
 69245 Bammental

5.1 Zusammenfassende Darstellung

5.1.1 Allgemein

Für die Feuerwehr der Verbandsgemeinde Daun wurde auf der Grundlage einer Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Plänen und Unterlagen eine Feinanalyse zum Klimaschutzteilkonzept, Baustein 3 durchgeführt.

Hierzu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschosdecken und Dachflächen, sowie den Lüftungswärmeverlusten und den Verlusten in der Heizungsanlage, sowie denen der Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen zur Sanierung erarbeitet.

Die Effektivität wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung (End- und Primärenergie), Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) und Schadstoffbelastung (Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxid (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂)) der Maßnahmen beurteilt.

5.1.1.1 Zustand des Gebäudes

Die Feuerwehr befindet sich in einem bauphysikalisch guten Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1994. Das Dach ist mit einer Wärmedämmung versehen. Die Fenster sind als isolierverglaste Metallfenster ausgeführt. Eine wirksame Wärmedämmung an der Außenwand ist vorhanden. Sinnvolle und wirtschaftliche bauphysikalische Maßnahmen ergeben sich nicht. Es ergibt sich jedoch ein technisches Energieeinsparungspotenzial.

5.1.1.2 Energiesparmaßnahmen

Es werden Einsparungsmaßnahmen im technischen Bereich vorgeschlagen. Dabei ist es sinnvoll, die Sanierungsmaßnahmen

- baulich optimal aufeinander abzustimmen,
- die Investitionskosten für das Gesamtpaket der empfohlenen Maßnahmen so gering wie möglich zu halten und
- Förderprogramme optimal auszunutzen.

Wir empfehlen deshalb die Durchführung der technischen Maßnahmen in einem Zug.

5.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

5.1.2.1 Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Energiekosteneinsparung und die notwendige Investition (ohne Planungskosten) dargestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten zur Energiekosteneinsparung ergibt sich das Kosten/ Nutzen-Verhältnis. Dies entspricht einer statischen Amortisation ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreisteigerungen und dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen untereinander.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden liegt bei -44,6 % des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen, bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch, mit diesen Faktor berechnet.

| Maßnahme | Einsparung €/a | Investitions- kosten € | Amortisation Jahre |
|------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|
| Kesselsanierung | 1.948 | 22.500 | 12 |
| Hydraulischer Abgleich | 1.049 | 3.000 | 3 |
| Summe | 2.997 | 23.500 | 7,8 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.

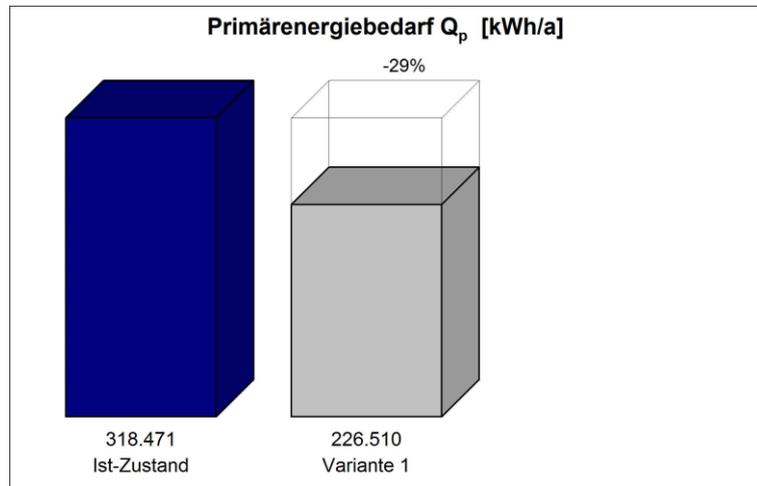
5.1.3 CO₂-Einsparungen

Die CO₂-Reduzierung bei Realisierung aller Maßnahmen beträgt 20.645 kg pro Jahr.

5.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

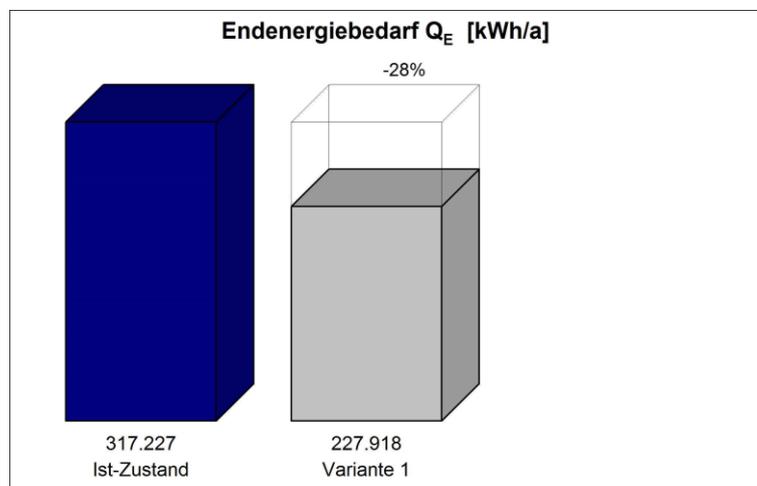
Primärenergiebedarf

Ist-Zustand
Var.1 - Heizungssanierung



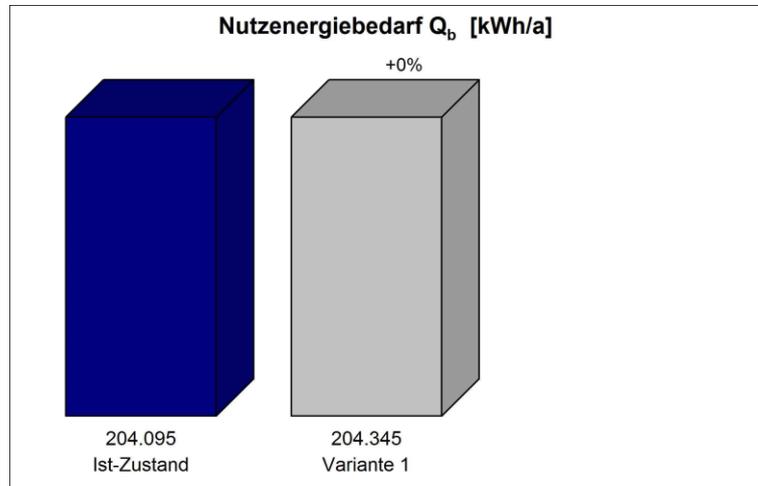
Endenergiebedarf

Ist-Zustand
Var.1 - Heizungssanierung



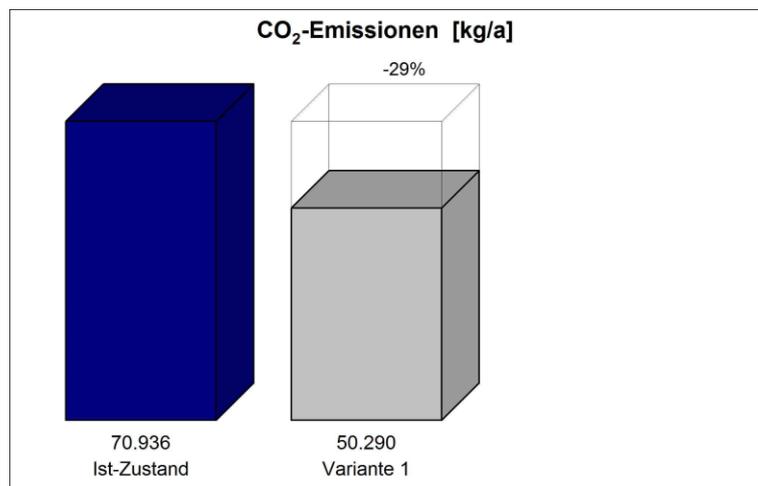
Nutzenergiebedarf

Ist-Zustand
Var.1 - Heizungssanierung



CO₂-Emissionen

Ist-Zustand
Var.1 - Heizungssanierung



5.2 Energieverbrauch

Erklärung des Unterschieds zwischen Endenergiebedarf und individuellem Endenergieverbrauch vor Sanierung und Darlegung der möglichen Auswirkungen auf die tatsächliche Energieeinsparung nach Sanierung.

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten die Raumtemperaturen und Anzahl bzw. Größe der beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss.

- mittlere Innentemperatur
- Luftwechselrate
- interne Wärmegewinne
- Warmwasser-Wärmebedarf

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

Bei den Angaben zum Energieverbrauch fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das führt zu erheblichen Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

5.2.1 Energieverbrauch und –kosten über drei Heizperioden

Verbrauchsangaben

Mit dem tatsächlichen Energieverbrauch, ermittelt aus den Verbrauchsmessungen über die letzten 3 Jahre (Heizperioden), werden das individuelle Nutzerverhalten der Bewohner und der Standort des Gebäudes (Klima) berücksichtigt. Die Verbrauchsangaben weichen deshalb von den unter EnEV-Standard-Randbedingungen berechneten Werten ab.

Der tatsächlich gemessene, durchschnittliche Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 176.289 kWh/a.

Er liegt damit bei -44,6 % des berechneten Energiebedarfs.

Aus diesen Gründen sind auch die Einsparungen bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch mit diesen Faktor berechnet

5.3 Aufnahme des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung

5.3.1 Gebäude

| | | | |
|------------------------------|-------------------|----------|-----------------|
| Ort: | 54550 Daun | | |
| Bundesland: | Rheinland-Pfalz | | |
| Gebäudetyp: | Nichtwohngebäude | | |
| Baujahr: | 1994 | | |
| Lage: | zentral | | |
| Nutzung: | Nichtwohngebäude. | | |
| Bauweise | Massivbauweise | | |
| Vollgeschosse | 1 | | |
| Beheiztes Gebäudevolumen: | $V_e =$ | 8.521,25 | m ³ |
| Gebäudehüllfläche: | $A =$ | 4.359,00 | m ² |
| Kompaktheit: | $A/V =$ | 8,72 | m ⁻¹ |
| Energiebezugsfläche: | $A_{NGF} =$ | 1.800,00 | m ² |
| Luftvolumen: | $V_L =$ | 6.817,00 | m ³ |

5.3.1.1 Bauweise

Das Gebäude ist in Massivbauweise erstellt und besitzt 1 bis 3 Vollgeschosse. Das Gebäude ist teilunterkellert und hat ein Flachdach

5.3.1.2 Gebäudehülle

Thermische Hülle

| Typ | Bauteil | Orientierung | Neigung | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K |
|-----|---------------------|--------------|---------|-----------------------------|---------------------------------|
| DA | Dach | N | 0 | 1430,00 | 0,40 |
| TA | Tore Fahrzeughallen | N | 90 | 70,00 | 3,50 |
| WA | Fassade Nord | N | 90 | 362,00 | 0,33 |
| WA | Fassade Süd | S | 90 | 310,00 | 0,33 |
| WA | Fassade Süd | O | 90 | 186,00 | 0,33 |
| WA | Fassade West | W | 90 | 215,00 | 0,33 |
| WE | Wand Erdreich | N | 90 | 375,00 | 0,33 |
| FA | Fenster Nord | N | 90 | 84,00 | 1,90 |
| FA | Fenster Ost | O | 90 | 40,00 | 1,90 |
| FA | Fenster Süd | S | 90 | 40,00 | 1,90 |
| FA | Fenster West | W | 90 | 90,00 | 1,90 |
| BE | Bodenplatte | | 0 | 1157,00 | 0,50 |

5.3.1.3 Fotografische Darstellung des Gebäudes

Fassade Eingangsbereich



Fahrzeughalle



Giebelseite



Schlauchturm



Gebäuderückseite



Ostseite



Fensterelement



5.3.1.4 Baulicher und wärmetechnischer Zustand

Allgemein

Die Feuerwehr befindet sich in einem guten bauphysikalischen Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1994. Sanierungsmaßnahmen wurden ausgeführt. Es sind geringe bauliche Mängel und Schäden am Gebäudekern (Durchfeuchtung, Schimmelbildung, Risse) erkennbar.



Fenster und Türen

Es sind isolierverglaste Aluminiumfenster vorhanden.

Außenwandflächen

Die Außenwände sind massiv und ca. 30 cm stark. Die Betonelemente sind gedämmt.

Dachflächen

Das Dach wurde mit einer Wärmedämmung versehen.

5.3.1.5 Wärmeschutztechnische Einstufung der 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 EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

| | Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|---|-----|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| | DA | Dach | 1430,00 | 0,40 | 0,20 | 0,14 |
| X | TA | Tore Fahrzeughallen | 70,00 | 3,50 | 1,8 | 1,3 |
| | WA | Fassade Nord | 362,00 | 0,33 | 0,24 | 0,20 |
| | WA | Fassade Süd | 496,00 | 0,33 | 0,24 | 0,20 |
| | WA | Fassade West | 215,00 | 0,33 | 0,24 | 0,20 |
| | WE | Wand Erdreich | 375,00 | 0,33 | 0,30 | 0,25 |
| X | FA | Fenster Nord | 84,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| X | FA | Fenster Ost | 40,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| X | FA | Fenster Süd | 40,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| X | FA | Fenster West | 90,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| | BE | Bodenplatte | 1157,00 | 0,50 | 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 EnEV 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 Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 06/2014 können jederzeit aktualisiert werden.

5.3.1.6 Bewertung der Gebäudehülle

Die Gebäudehülle befindet sich in einem bauphysikalisch guten Zustand. Das Gebäude stammt aus dem Baujahr 1994.

5.4 Anlagentechnik

5.4.1 Heizungsanlage

| | | | |
|-----------------------|---|-----------------|-----|
| Kessel | : | 1 | |
| Standort | : | Heizraum | |
| Fabrikat | : | Viessmann | |
| Typ | : | Paromat Triplex | |
| Baujahr | : | 1993 | |
| Heizmedium | : | Warmwasser | |
| Leistung | : | 130,00 | kW |
| Bereitschaftszeit | : | 8.760,00 | h/a |
| Brenner | : | Weishaupt | |
| Typ | : | WG 20 N 1-C | |
| Brennstoff | : | Erdgas | |
| Leistungsbereich | : | 36,00 - 200,00 | kW |
| Jahresenergieeinsatz | : | 176.289,00 | kWh |
| Abgastemperatur | : | 119,00 | °C |
| Kohlendioxide | : | 9,30 | % |
| Abgasverluste | : | 6,63 | kW |
| | : | 5,10 | % |
| Brennerlaufzeit | : | 1.281,28 | h/a |
| Strahlungsverluste | : | 0,78 | kW |
| | : | 0,60 | % |
| Bereitschaftszeit | : | 8.760,00 | h/a |
| Bereitschaftsverluste | : | 0,52 | kW |
| | : | 0,40 | % |
| Feuerungswirkungsgrad | : | 94,90 | % |
| Kesselwirkungsgrad | : | 93,90 | % |



5.5 Darstellung der Energiebilanz des Ist-Zustandes

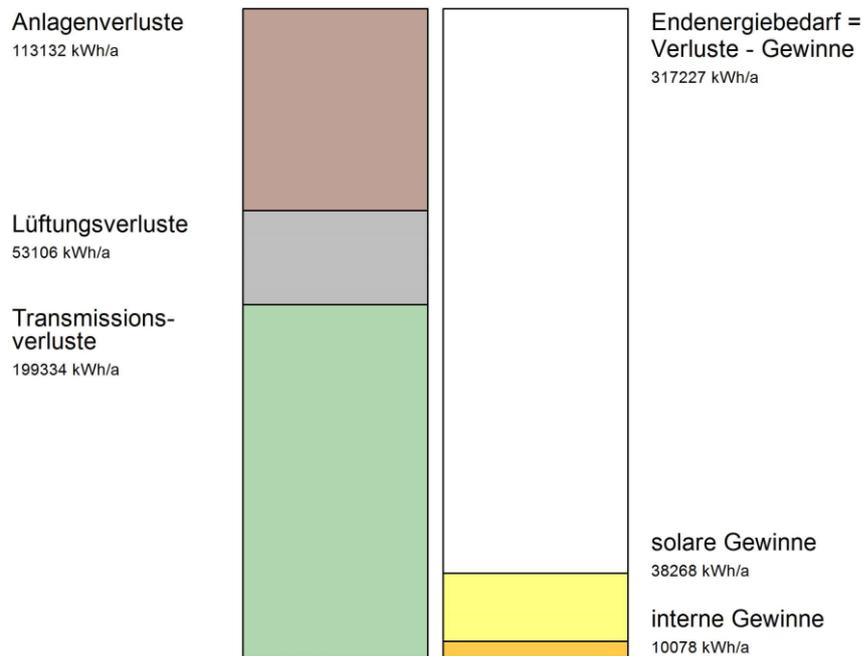
5.5.1 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss man den vorhandenen Energieverbrauch beurteilen können. Dazu dient die Energiebilanz. Es werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle (Transmission der Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie (Anlagenverluste der Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie).

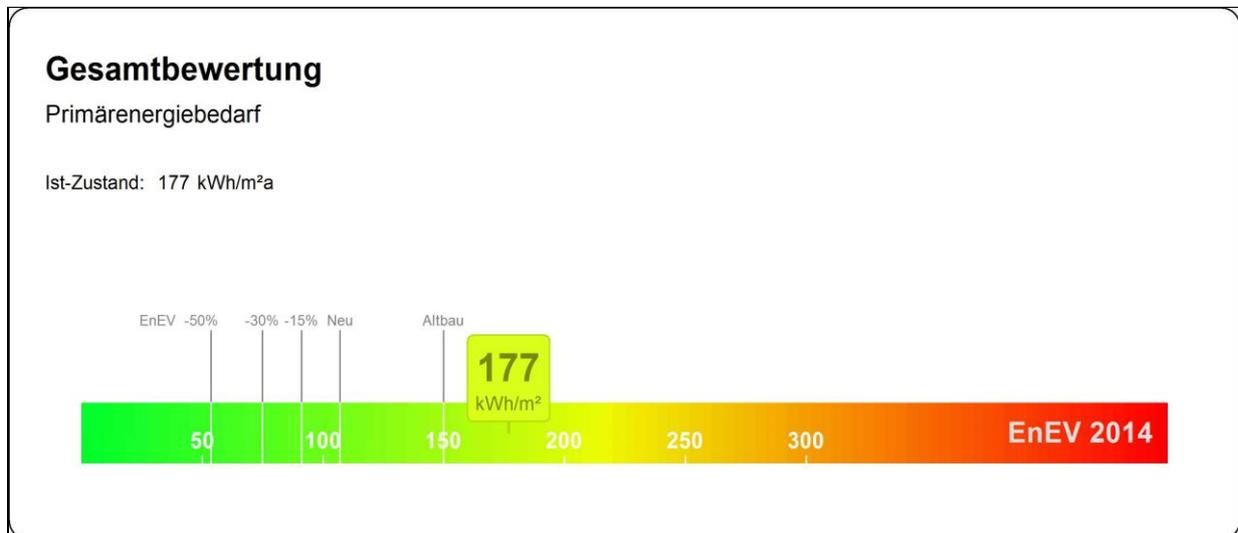
Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt.

| Energiebilanz des Gebäudes | jährlich [kWh/a] | anteilig [%] |
|----------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| Verluste | | |
| Transmissionsverluste | 199.334 | 54,5 |
| Lüftungsverluste | 53.106 | 14,5 |
| Anlagenverluste | 113.132 | 30,9 |
| Gesamt | 365.573 | 100 |
| Gewinne | | |
| Solare Wärmegewinne | 38.268 | 79,2 |
| Interne Wärmegewinne | 10.078 | 20,8 |
| Gesamt | 48.346 | 100 |
| Endenergiebedarf Q_E | | |
| Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung) | 317.227 | |
| Endenergiebedarf $Q_{HE,E}$ (Hilfsenergie) | 0 | |
| Gesamt | 317.200 | |
| Primärenergiebedarf Q_P | 318.471 | |



5.6 Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 177 kWh/m²a.



5.7 Energetisches Sanierungskonzept

5.7.1 Beschreibung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnung

- Austausch der Kesselanlage
- Hydraulischer Abgleich

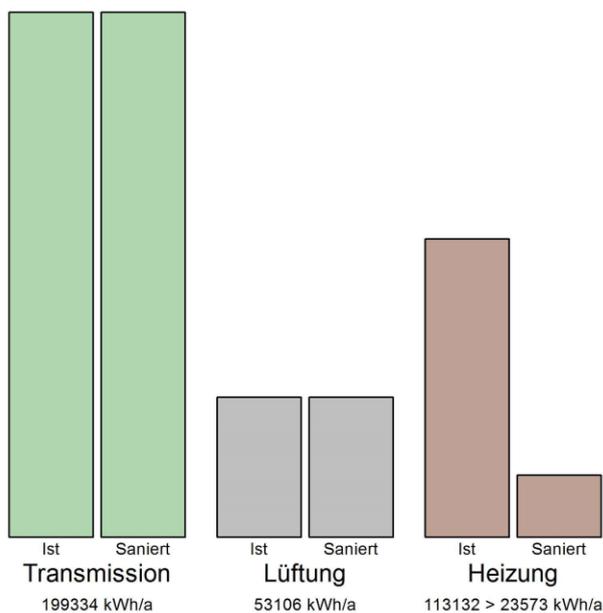
U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

| Typ | Bauteil | Fläche in m ² | U-Wert in W/m ² K | U _{max} EnEV* in W/m ² K | U _{max} KfW** in W/m ² K |
|-----|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| DA | Dach - keine Maßnahme | 1430,00 | 0,40 | 0,20 | 0,14 |
| TA | Tore Fahrzeughallen - keine Maßnahme | 70,00 | 3,50 | 1,8 | 1,3 |
| WA | Fassade Nord - keine Maßnahme | 362,00 | 0,33 | 0,24 | 0,20 |
| WA | Fassade Süd - keine Maßnahme | 496,00 | 0,33 | 0,24 | 0,20 |
| WA | Fassade West - keine Maßnahme | 215,00 | 0,33 | 0,24 | 0,20 |
| WE | Wand Erdreich - keine Maßnahme | 375,00 | 0,33 | 0,30 | 0,25 |
| FA | Fenster Nord - keine Maßnahme | 84,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Fenster Ost - keine Maßnahme | 40,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Fenster Süd - keine Maßnahme | 40,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| FA | Fenster West - keine Maßnahme | 90,00 | 1,90 | 1,3 | 0,95 |
| BE | Bodenplatte - keine Maßnahme | 1157,00 | 0,50 | 0,30 | 0,25 |

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **28 %**.

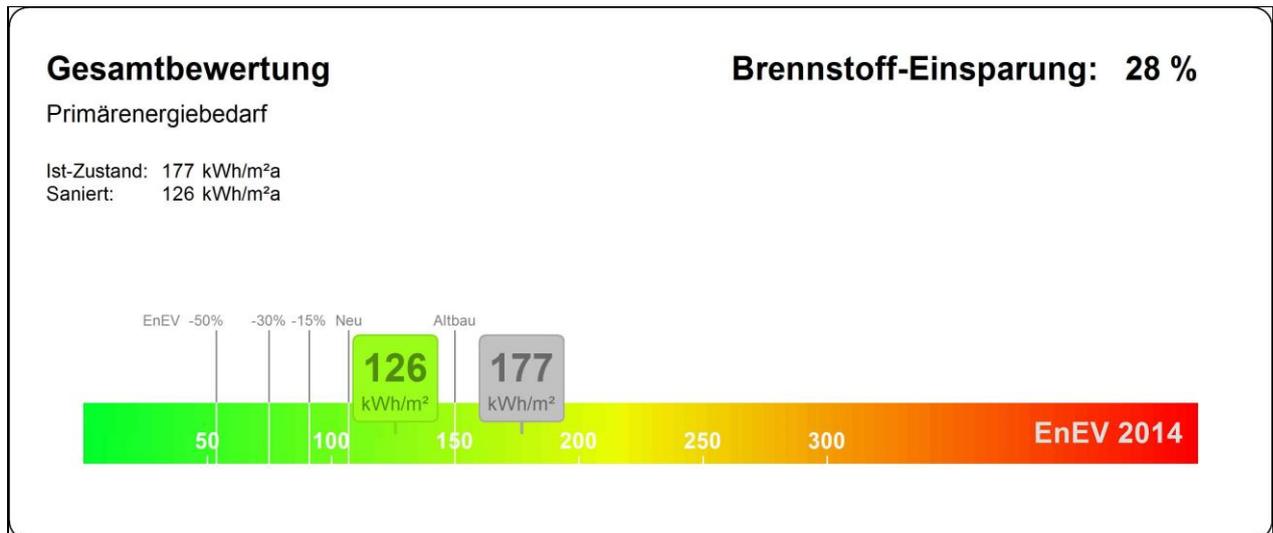
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 317.227 kWh/Jahr reduziert sich auf 227918 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 89.309 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 20.645 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **126 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung - Variante 1 -

Kosten-/Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-/Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen.

Variante 1:Heizungssanierung

| Maßnahme | Investition [€/a] | prognostizierte Einsparungen | | | |
|------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|--------------|
| | | Endenergiebedarf berechnet | | Endenergiebedarf auf tatsächlichen Verbrauch bezogen | |
| | | [kWh/a] | [€/a] | [kWh/a] | [€/a] |
| Kesselsanierung | 22.500 | 58.051 | 3.518 | 32.160 | 1.948 |
| Hydraulischer Abgleich | 3.000 | 31.258 | 1.894 | 17.317 | 1.049 |
| Summe | 12.000 | 89.309 | 5.412 | 41.477 | 2.997 |

Alle Kosten verstehen sich brutto.