



ENERGIEAGENTUR
Rheinland-Pfalz



Sanierungsfahrplan

Kindertagesstätte Flohzirkus in Bellheim
(Ergebnisbericht)



100

Energieeffizienz-Kommunen
Rheinland-Pfalz

Sanierungsfahrplan Energieagentur Rheinland-Pfalz



Der Sanierungsfahrplan wurde im Auftrag der Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH erarbeitet durch Schaumlöffel engineering.

Inhalt

Einleitung	6
Ist-Zustand des Gebäudes	7
Grund- und Verbrauchsdaten.	7
Erneuerbare Energien.	7
Bisherige Sanierungen	7
Besonderheiten des Gebäudes.	7
Gebäudehülle	8
Anlagentechnik	9
Energetische Sanierungsmaßnahmen	10
Zusammenfassung	10
Maßnahme 1: Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes des Gruppenraumes im OG	12
Maßnahme 2: Neue Verglasung der Lichtkuppel	13
Maßnahme 3: Umrüstung der Beleuchtung auf LED-Technik.	14
Maßnahme 4: Neue Fenster	15
Maßnahme 5: Zusätzliche Dämmung der oberen Geschoßdecken	16
Maßnahme 6: Wärmedämmung der Außenwände	17
Maßnahme 7: Innendämmung der Dachschrägen	18
Maßnahme 8: Optimierung der heizungstechnischen Anlage	19
Maßnahme 9: Neuer Gasheizkessel in Brennwerttechnik.	20
Maßnahme 10: Heizungserneuerung Wärmepumpe Geothermie	21
Maßnahme 11: Neuer Wärmeerzeuger als Pelletkessel	22
Maßnahme 12: Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.	23
Maßnahme 13: Verbesserung der Fußbodendämmung	24
Varianten	25
Variante 1: Kostenoptimierte Variante mit minimalen Investitionen	26
Variante 2: Optimierte Variante mit minimalen Lebenszykluskosten	28
Variante 3: Klimaschutzvariante mit minimalem Energiebedarf	30
Verwendete Rahmenbedingungen/Erläuterungen	32
Berechnungsgrundlage.	32
Kostendarstellung	32
Argumente gegenüber der Kommunalaufsicht	32
Querverweise auf andere Gebäude derselben Gebäudekategorie	32
Fazit	32
Detailplanung Wärmebrücken.	34



Abkürzungsverzeichnis & Glossar	39
Impressum.	40
Kurzvorstellung Energieagentur	40
Kurzvorstellung Schaumlöffel engineering.	40

Genderhinweis: Aus Gründen der Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Einleitung

Im Rahmen des Projektvorhabens „100 Energieeffizienz-Kommunen RLP“ (EFRE 2014-2020) führt die Energieagentur Rheinland-Pfalz Kommunen an den Aufbau und Verankerung eines Energie- und Klimaschutzmanagements heran. Sanierungsfahrpläne unterschiedlicher Gebäudekategorien sollen den Kommunen helfen, Effizienzmaßnahmen zu identifizieren und umzusetzen.

Für die Kindertagesstätte Flohzirkus in Bellheim wurde ein Sanierungsfahrplan in Form eines energetischen Sanierungskonzepts durch Schaumlöffel engineering erarbeitet. Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

Durch die Analyse des Gebäudes werden Möglichkeiten der energetischen Gebäudesanierung aufgezeigt. Der Sanierungsfahrplan enthält kurzfristig umsetzbare Energiesparmaßnahmen und zeigt aufeinander abgestimmte Einzelmaßnahmen auf. Dies kann z.B. die Modernisierung der Anlagentechnik oder Umrüstung der Beleuchtung betreffen. Zudem gibt er eine Hilfestellung, wie das Gebäude langfristig schrittweise umfassend energetisch saniert werden kann unter Einbeziehung der thermischen Hülle und Anlagentechnik.

Der Sanierungsfahrplan verfolgt das Ziel Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen. Es wird ein exemplarischer Weg aufgezeigt, wie die Energieeffizienz des Gebäudes schrittweise verbessert werden kann. Die baulichen Sanierungsmaßnahmen haben sich dabei an den Vorgaben der Richtlinie „Energieeffizientes Bauen und Sanieren“ des Landesbetriebs Liegenschafts- und Baubetreuung Rheinland-Pfalz (LBB) orientiert. Die vorgegebenen Werte sind bei den Sanierungsvarianten alle eingehalten und in Teilbereichen sogar geringfügig unterschritten.



Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei Sanierung im Bestand

Bauteil	LBB [W/ m ² K]	EnEV 2016 (Bestand): Ü-Wert [W/m ² K]
Außenwand	0,2	0,35
Schrägdach	0,2	0,35
Fenster	1,1	1,9
Oberste Geschoßdecke	0,16	0,35
Bodenplatte	0,26	0,35

Es wird ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf Q_p und negativer Jahres-Endenergiebedarf Q_e angestrebt, die nach den gesetzlichen Vorschriften (Energieeinsparverordnung (EnEV) / DIN V 18599) berechnet werden. Die Kriterien entsprechen dem Effizienzhaus Plus Standard (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit). In der Jahresbilanz erzeugt das Gebäude mehr Energie, als für Betrieb und Nutzung erforderlich ist. Bilanziert wird bis zur Grundstücksgrenze. Die Summe der auf dem Grundstück generierten Energie aus erneuerbaren Energiequellen ist anrechenbar.

Im Zuge einer Begehung und nach Auswertung der Bauunterlagen wurden das Gebäude und die enthaltene Anlagentechnik zur Beheizung, Warmwasserbereitung und Beleuchtung erfasst und in ein energetisches Bilanzierungsprogramm eingegeben.

Ist-Zustand des Gebäudes

Grund- und Verbrauchsdaten

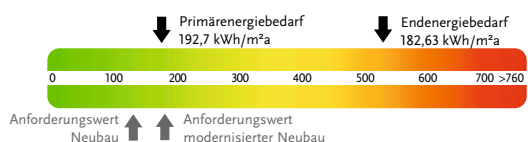
Gebäudetyp	Kindergarten
Baujahr Gebäude	1992
Baujahr Heizung	1992
Heizungsart/ Energieträger	Niedertemperatur- kessel, Erdgas H, Kom- binierter Wärmeerzeu- ger für Heizung und Warmwasser
Lüftung	Freie Fensterlüftung
Nettogrundfläche	1.067,39 m ²
Vollgeschosse	2, zusätzlich Gruppen- raum im 1. Oberge- schloß (OG)
Keller	Ja - beheizt
Dachform	Pultdach mit verglaster Kuppel

Die Berechnung erfolgte auf der Grundlage der DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ (EnEV-Referenzklima Deutschland). Die Ergebnisse der rechnerischen Ermittlung des Gas- und Strombedarfs wurden mit den tatsächlichen Verbrauchswerten der letzten drei Jahre verglichen, was nach Durchführung einer Witterungsbereinigung zu einer guten Übereinstimmung führte.

Vergleichswerte	Gas [kWh/a]	Strom [kWh/a]
Realer Verbrauch	168.000	17.500
Berechneter Bedarf	180.000	15.500

Das Gebäude wurde in den Jahren 1992 bis 1995 errichtet. Die Bauteilaufbauten haben dabei die Wärmeschutzverordnung (WSVO) von 1995 mehr als erfüllt, was bedeutet, dass das

vorliegende Gebäude bereits einen relativ guten Energiestandard aufweist.



Aufgrund dieser Tatsache haben bauliche Verbesserungen nur eine beschränkte Auswirkung auf den Energieverbrauch des Gebäudes.

Erneuerbare Energien

Die vorhandene Photovoltaikanlage (170 m²) speist den erzeugten Strom zum aktuellen Zeitpunkt komplett ins Netz ein. Mit Übergang der PV-Anlage 2029 in das Eigentum der Gemeinde, kann der Kindergarten teilweise selbst versorgt werden. Diese Eigenstromnutzung würde sich bereits jetzt finanziell rentieren, kann aber aufgrund des noch laufenden Pachtvertrages nicht realisiert werden.

Tipp

Weitere Informationen zu PV-Anlagen in der Studie „Attraktive Geschäftsmodelle mit PV-Anlagen“, kostenloser Download unter www.energieagentur.rlp.de

Energieträger	Berechnung nach Norm [kWh/a]
Photovoltaik	20.855

Bisherige Sanierungen

unbekannt

Besonderheiten des Gebäudes

Überhitzung im Gruppenraum im 1. OG, sowie im Foyer durch die verglaste Kuppel.

Gebäudehülle



Dach

Sparrenkonstruktion mit oberseitiger Dämmung
mit 14 cm Mineralwolle, Unterseite mit Holz verkleidet
U-Wert: 0,26 W/m²K
Baulicher Zustand: gut



Außenwand

Gegen Außenluft: 36,5 cm Porotonsteine, verputzt
U-Wert: 0,49 W/m²K
Gegen Erdreich: Beton mit 6 cm Dämmung Polystyrol
U-Wert: 0,63 W/m²K
Baulicher Zustand: noch gut



Oberste Geschossdecke

12 cm Mineralwolle
U-Wert: 0,31 W/m²K
Baulicher Zustand: gut



Fenster/ Türen

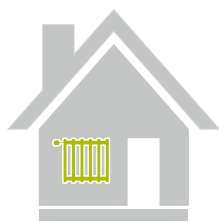
Isolierverglasung (Holz, Keller: Kunststofffenster)
U-Wert: 3,0 W/m²K
Baulicher Zustand: gut
Sonnenschutz: Jalousien und Rollläden



Bodenplatte

Massivbeton mit oberseitiger Dämmung und Estrich
U-Wert: 0,52 W/m²K
Baulicher Zustand: sehr gut

Anlagentechnik



Heizung

Niedertemperaturkessel, 55 kW / Warmwasserspeicher 200 l
Deckungsanteil: 100 %; Rohrleitungen außerhalb thermischer Hülle: gedämmt; Baulicher Zustand: gut, geringe Wärmeabstrahlung; Energetische Bewertung: Nicht überdimensioniert



Warmwasser

Über Heizungsanlage:
Warmwasserspeicher 200 l
Baulicher Zustand: gut



Photovoltaik (PV)

170 m² Oberfläche der Module, Ausrichtung Süd, auf das Dach aufgesetzt.
Peakleistung: 0,125 kW/m²



Lüftungsanlage

Nicht vorhanden



Kälteanlage

Mobiles Klimagerät im Gruppenraum 1. OG



Beleuchtung

Größtenteils Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten, vereinzelt Energiesparlampen. Regelung: keine Präsenzmelder oder tageslichtabhängige Regelung

Energetische Sanierungsmaßnahmen

Auf der Basis des validierten Gebäudemodells wurden verschiedene theoretisch und praktisch mögliche Verbesserungsmaßnahmen zur Energieeinsparung an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik zur Beheizung und Beleuchtung berechnet. Die einzelnen Sanierungsmaßnahmen sind nachfolgend beschrieben.

Zusammenfassung

Ergebnisse: Wie die Berechnungen zeigen (Maßnahme 1, 4, 5, 6, 7 und 13), sind mit einer Verbesserung der Wärmedämmstandards der einzelnen Bauteile zwar absolute Verbesserungen erzielbar, diese sind jedoch unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten zur Zeit nicht wirtschaftlich umsetzbar.

Die baulichen Verbesserungen an der Gebäudehülle sind nur dann wirtschaftlich umsetzbar, wenn diese aus technischen Gründen sowieso durchgeführt werden müssen. Ursache ist der bereits vorhandene relativ gute Dämmstandard.

Wirtschaftlich darstellbare energetische Sanierungsmaßnahmen sind die nachfolgenden Maßnahmen 2, 3 und 8:

- › Verglasung Lichtkuppel
- › Umrüstung Beleuchtung auf LED-Technik
- › Optimierung Heizungsanlage

Verbesserung der Anlagentechnik

Hier wurden drei Möglichkeiten zur Erneuerung des Wärmeerzeugers betrachtet. Nachdem der vorhandene Wärmeerzeuger, ein alter Gas-Niedertemperaturkessel des Baujahres 1995, noch in gutem Zustand ist, kann man davon ausgehen, dass dieser erst innerhalb der nächsten 5-10 Jahre erneuert werden muss. Bei einer anstehenden Erneuerung hat man verschied. Möglichkeiten (Maßnahme 9-11):

- › neuer Gasbrennwertkessel
- › Wärmepumpe mit Erdreichbohrung
- › Pelletkessel

Alle drei Möglichkeiten wurden hinsichtlich ihrer Energiekosteneinsparung, Investitions- und Betriebskosten mittels einer Vollkostenberechnung untersucht. Als Jahr des Austauschs wurde 2029 gewählt, weil in diesem Jahr die Photovoltaikanlage auf dem Dach des Gebäudes in das Eigentum der Gemeinde übergeht und der von dieser Anlage gelieferte Strom im Gebäude selbst genutzt werden kann. Dies macht sich vor allem bei der Wärmepumpe bemerkbar, die ausschließlich mit Strom betrieben wird.

Die Ergebnisse der Vollkostenberechnung (Investitions-, Wartungs-, Reparatur- und Energiekosten) der Anlagentechnik (Maßnahme 9, 10 und 11) zeigen, dass aufgrund der geringeren Energiepreissteigerung der Pelletkessel die günstigste Variante ist. Auch der eigenerzeugte PV-Strom ändert dieses Ergebnis nicht zugunsten einer Wärmepumpe. Weitere Berechnungsgrundlagen sind in den Rahmenbedingungen zu finden.

Wärmeerzeuger	Gasbrennwertkessel [€]	Erdreichwärmepumpe [€]	Pelletkessel [€]
Vollkosten bis 2069	1.429.000	1.518.000	916.000

Der Ersatz des Gaskessels durch einen Pelletkessel trägt auch maßgeblich zur CO₂-Einsparung (32.150 kg/a weniger wie bei neuem Gas-Brennwertkessel) bei. Keiner der anderen Wärmeerzeuger kann diese Werte erreichen, nicht einmal die Wärmepumpe, obwohl diese mit 18 % regenerativ erzeugtem PV-Strom betrieben werden kann. Die Ursache für den



geringeren CO₂-Ausstoß des Pelletkessels sind die Kennwerte für den regenerativen Brennstoff Holz.

Entscheidend sind jedoch die langfristig niedrigen Brennstoffkosten.

Baumaßnahmen

Aus o.g. Gründen sind alle anderen Baumaßnahmen, welche für eine energetische Verbesserung durchgeführt werden können, alleine aus Energiespargründen nicht wirtschaftlich darstellbar. Die jeweiligen baulichen Sanierungsmaßnahmen wurden in der LCC-Berechnung (Life-Cycle Costing) angesetzt, wenn diese nach allgemein üblichen Erkenntnissen aus technischen Gründen sowieso durchgeführt werden müssten, z. B. Erneuerung der Fenster nach 40 Jahren, also im Jahr 2035.

Mit den Maßnahmen (4, 7 und 12) neue Fenster, Innendämmung Dachschrägen und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) sind die langfristig wirtschaftlich darstellbaren Möglichkeiten einer energetischen Sanierung des Gebäudes erschöpft. Es wäre theoretisch noch möglich die erdberührten Außenwände freizulegen und deren Dämmung zu verbessern. Hierfür sind die Investitionskosten viel zu hoch im Vergleich zu

der hiermit erzielbaren Energieeinsparung. Die Amortisationszeiten liegen bei mehr als 100 Jahren. Zudem ist im Zuge der normalen Lebensdauer einer gedämmten und abgedichteten, erdberührten Außenwand aus Stahlbeton von ebenfalls 80-100 Jahren, keine standardmäßige Erneuerung im Betrachtungszeitraum gegeben. Gleiches gilt für die Wärmedämmung des Fußbodenaufbaus. Auch mit dieser Maßnahme ist keine maßgebliche Energiekosteneinsparung zu erzielen.

Im Folgenden sind die Maßnahmenvorschläge im Einzelnen erläutert.

Lebenszykluskosten (LCC)

Betrachtet die Gebäudekosten von der Planung über den Betrieb bis zum Abbruch. Dies ermöglicht eine wirtschaftliche und ökologische Bewertung alternativer Maßnahmen.

BBSR: kostenloses Online-Bilanzierungstool eLCA zur Erstellung von Ökobilanzen für Gebäude auf Basis von Bauteilkonstruktionen (www.bauteileditor.de).

Datenbank für Lebenszyklusdaten:
www.probas.umweltbundesamt.de

Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes des Gruppenraumes im OG



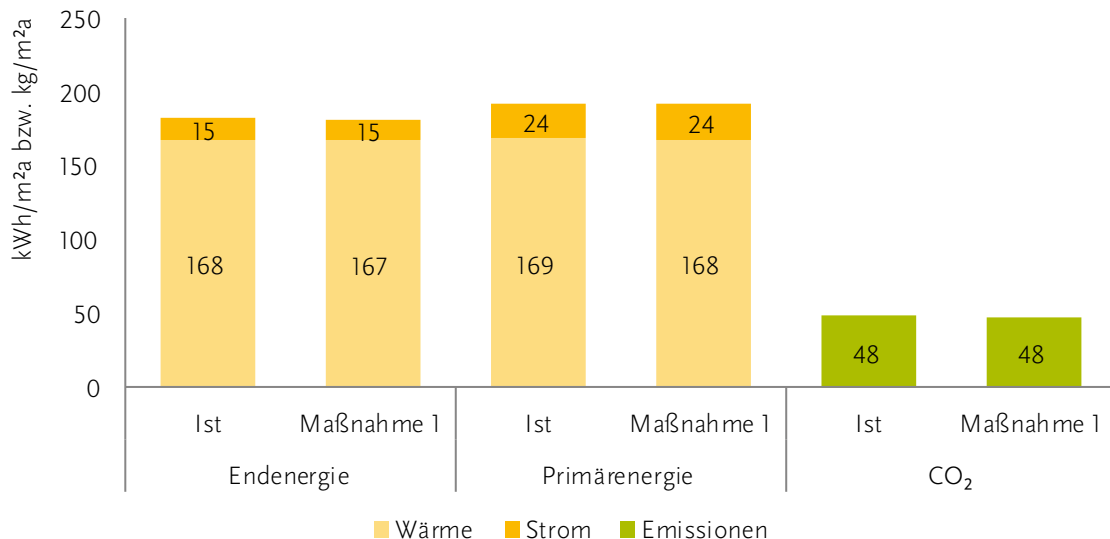
Der Gruppenraum im Obergeschoß soll hier einmal gesondert betrachtet werden, da es zu regelmäßiger sommerlicher Überhitzung

kommt. Im Sommer kann der Gruppenraum nur mit direkter elektrischer Raumlüftkühlung genutzt werden. Dies ist zum einen unbehaglich für die Nutzer und führt zu unnötigen Energiekosten.

Die vorhandenen Fenster werden gegen Fenster mit Sonnenschutzverglasung ausgetauscht. Das Schrägdach wird auf der Innenseite mit Mineralwolle oder Holzfaserweichplatten zwischen den Sparren gedämmt. Die vorhandene Holzverkleidung muss entfernt werden. Als innere Verkleidung sollten hier PCM-Platten (Phasenwechselmaterialien) angebracht werden. Diese nehmen überschüssige Wärme auf und sorgen dafür, dass der Raum nicht überhitzt. Zusätzlich werden dezentrale Lüfter eingebaut.

Investitionskosten	24.500 €
Energiebedingte Mehrkosten	keine
Einsparung Kosten	48 €/a
Amortisationszeit	länger als 50 Jahre
Lebensdauer Fenster	40 Jahre
Lebensdauer Dämmung	50 Jahre

Die Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes des Gruppenraumes im OG ist zwar aus energetischen Gesichtspunkten wirtschaftlich nicht umsetzbar, sollte jedoch trotzdem baldmöglichst erfolgen, um eine bessere Nutzung des Raumes in den Sommermonaten zu ermöglichen. Diese Maßnahme ist mit einer Amortisationszeit von mehr als 50 Jahren wirtschaftlich nicht darstellbar. Jedoch dienen diese Maßnahmen dazu, die Nutzbarkeit des Raumes erheblich zu verbessern. Es wird empfohlen, diese Maßnahmen zeitnah durchzuführen.



Neue Verglasung der Lichtkuppel



Die Kuppelverglasung wird gegen eine Verbundsicherheitsverglasung mit Sonnenschutzglas ausgetauscht. Durch die zentrale Lage

der Kuppel, die große Höhe und den dadurch entstehenden Kamineffekt ist der Energieverlust hier sehr groß. Auch wird das Gebäude im Sommer über die Kuppel stark aufgeheizt. Der Ug-Wert der Verglasung sollte bei 0,60-0,50 W/m²K liegen. Die vorhandene Rahmenkonstruktion bleibt erhalten.

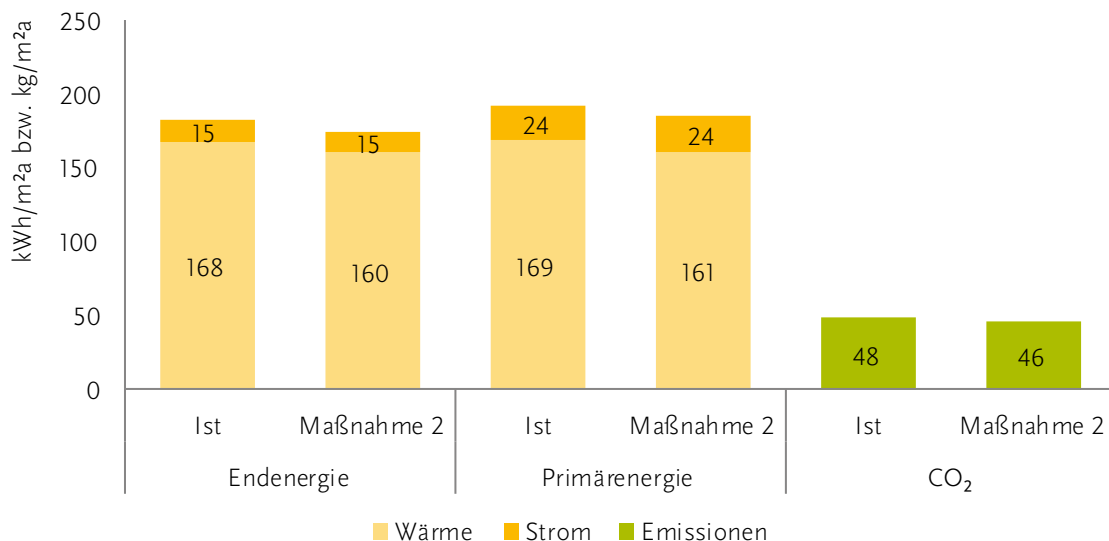
Diese Maßnahme ist mit einer Amortisationszeit von 34 Jahren wirtschaftlich noch umsetzbar. Die Kuppelverglasung ist mittlerweile 25 Jahre alt und muss sowieso in den kommenden Jahren technisch ertüchtigt werden.

Im Zuge dieser Maßnahmen ist die Verglasung zu erneuern. Auch hier trägt die Sonnenschutzverglasung dazu bei, dass der Raum nicht überhitzt wird.

Investitionskosten	38.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	6.000 €
Einsparung Kosten	398 €/a
Amortisationszeit	34 Jahre
Lebensdauer Verglasung	40 Jahre

Der Austausch der Verglasung der Kuppel ist eine baulich und wirtschaftlich sinnvolle Maßnahme. Hier kann bei beschränktem Mitteleinsatz eine relativ hohe Energiekostensparnis gewonnen werden.

Die Lebensdauer der neuen Verglasung liegt bei 40 Jahren.



Umrüstung der Beleuchtung auf LED-Technik



Im ganzen Gebäude werden die Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten, Glühbirnen und Halogenleuchten gegen

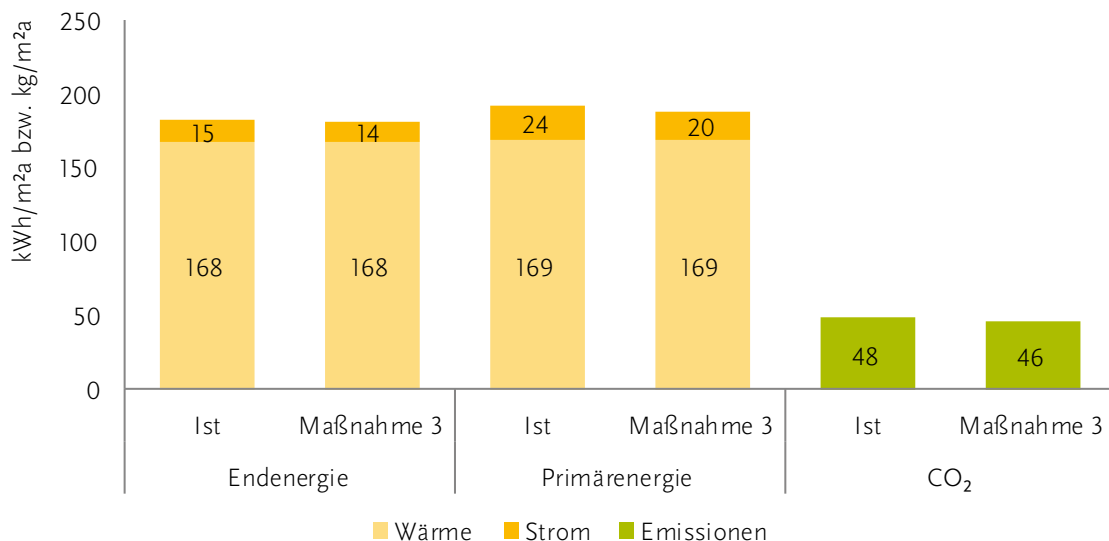
LED Leuchten ausgetauscht. Zusätzlich werden Präsenzmelder installiert mit tageslichtabhängiger EIN-AUS-Funktion.

Aus Energiespargründen wirtschaftlich umsetzbar ist die Erneuerung der Beleuchtung mittels LED-Technik. Hierzu zählen die Installation von Präsenzmeldern in den einzelnen Räumen und die Anbringung von Helligkeitssensoren in den Gruppenräumen.

Diese Maßnahme ist wirtschaftlich umsetzbar und sollte sukzessiv und zeitnah umgesetzt werden.

Die Lebensdauer der Beleuchtung liegt bei 20-25 Jahren.

Investitionskosten	10.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	8.000 €
Einsparung Kosten	804 €/a
Amortisationszeit	10 Jahre
Lebensdauer Beleuchtung	20-25 Jahre



Neue Fenster



Die Holzfenster mit Isolierverglasung werden gegen dreifach-wärmeschutzverglaste Fenster ausgetauscht. Der Uw-Wert der

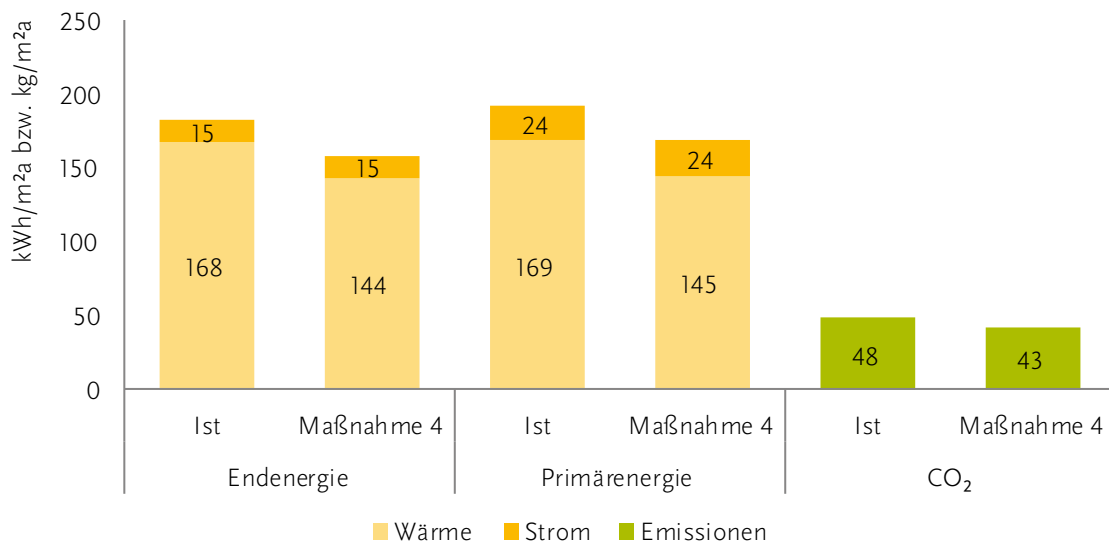
neuen Fenster liegt dann bei $0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um die Luftdichtheit zu gewährleisten werden die Fenster nach den Richtlinien der RAL-Gütegemeinschaft montiert. Es ist auch möglich nur die Gläser auszutauschen und die Rahmen zu erhalten. Die Kosten reduzieren sich dann um etwa 60 %. Da die Rahmen aber aus Holz sind müssen diese auch regelmäßig gestrichen werden, auch halten die Rahmen nur eine begrenzte Zeit. Es ist daher wirtschaftlicher die kompletten Fenster zu erneuern, zumal durch den luftdichten Einbau nach RAL die unkontrollierten Lüftungsverluste und Wärmebrücken sehr stark reduziert werden. Diese Maßnahme sollte zusammen mit dem Einbau einer zentralen Lüftungsanlage mit WRG umgesetzt werden. Eine Luftdichtigkeitsmessung (Blower-Door-Test) ist nach Einbau der Fens-

Investitionskosten	96.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	16.000 €
Einsparung Kosten	1.266 €/a
Amortisationszeit	31 Jahre
Lebensdauer Fenster	40 Jahre

ter und vor allen Dingen nach Installation einer Lüftungsanlage ratsam. Die Maßnahme ist energetisch zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht wirtschaftlich umsetzbar.

Es wird empfohlen, diese Maßnahme im Rahmen einer Gesamtanierung des Gebäudes, hin zum CO_2 -neutralen Gebäude, umzusetzen. Da bei einer derartigen Fenstererneuerung (im Jahr 2035) der Außenputz beschädigt wird und dieser zu diesem Zeitpunkt ebenfalls 40 Jahre alt ist, bietet es sich an in diesem Zuge ein Wärmedämmverbundsystem aufzubringen.

Die Lebensdauer der neuen Fenster liegt bei 40 Jahren.



Zusätzliche Dämmung der oberen Geschößdecken



Die obere Geschößdecke über den Sanitärräumen, dem Personalraum, Gruppenraum und Schlafräum im Erdgeschoß (EG) wird zusätzlich mit 16

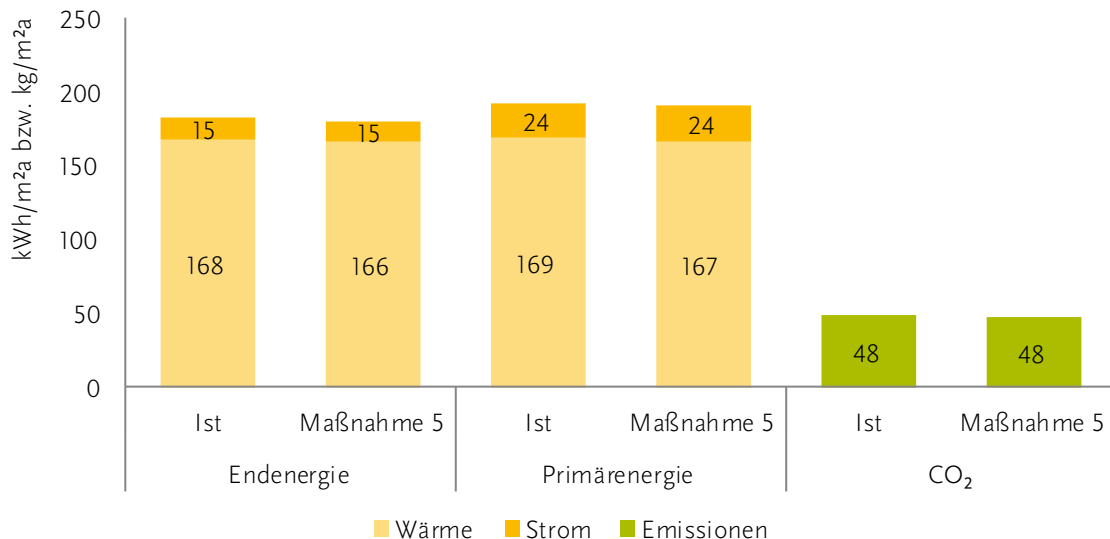
cm Mineralwolle der Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG) 035 gedämmt.

Die Maßnahme ist energetisch nur bedingt wirtschaftlich umsetzbar.

Es wird empfohlen, diese Maßnahme im Rahmen einer Gesamtanierung des Gebäudes, hin zum CO₂-neutralen Gebäude, umzusetzen.

Die Lebensdauer der Dämmung liegt bei mindestens 50 Jahren.

Investitionskosten	7.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	7.000 €
Einsparung Kosten	103 €/a
Amortisationszeit	29 Jahre
Lebensdauer Dämmung	50 Jahre



Wärmedämmung der Außenwände



Alle Außenwände gegen Außenluft werden mit 12 cm dicker Dämmung der WLG 032 gedämmt. Dies betrifft die Wände aus Beton mit 6 cm Bestandsdämmung und das Porotonmauerwerk.

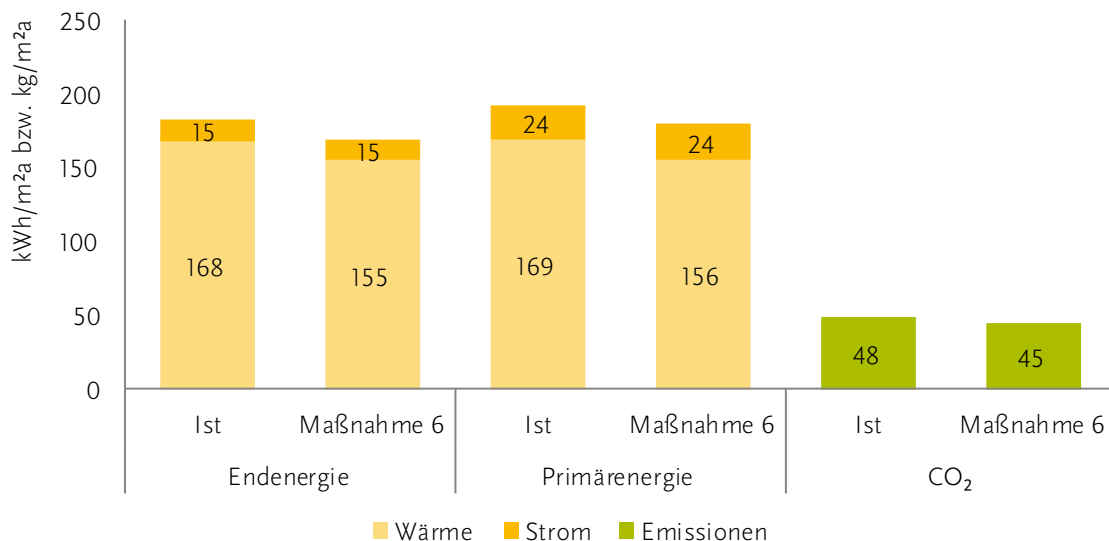
Investitionskosten	70.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	50.000 €
Einsparung Kosten	689 €/a
Amortisationszeit	37 Jahre
Lebensdauer Außendämmung	50 Jahre

Die Maßnahme ist zum jetzigen Zeitpunkt wirtschaftlich nicht umsetzbar.

Die Maßnahme ist zum jetzigen Zeitpunkt wirtschaftlich nicht umsetzbar.

Es wird empfohlen, diese Maßnahme im Rahmen einer Gesamtanierung des Gebäudes, hin zum CO₂-neutralen Gebäude, umzusetzen.

Die Lebensdauer der Außendämmung liegt bei mindestens 50 Jahren.



Innendämmung der Dachschrägen



Das Schrägdach im Bereich der Gruppenräume und Verkehrsflächen wird auf der Innenseite mit Mineralwolle oder Holzfaserverweichplatten

zwischen den Sparren gedämmt. Die vorhandene Holzverkleidung muss entfernt werden. Als innere Verkleidung könnten auch hier PCM Platten angebracht werden. Diese nehmen überschüssige Wärme auf und sorgen so dafür, dass der Raum nicht überhitzt. Sie sind im Vergleich zu herkömmlichen Gipskartonplatten jedoch recht teuer.

Die bestehende Metaldacheindeckung hat eine Lebensdauer von 80 bis 100 Jahren. Eine Baumaßnahme von der Außenseite her ist somit nicht absehbar und liegt im Normalfall außerhalb des vorgegebenen Betrachtungszeitraumes von 50 Jahren. Deshalb bietet es sich an die Verbesserung der Dachflächendämmung von der Innenseite her vorzunehmen.

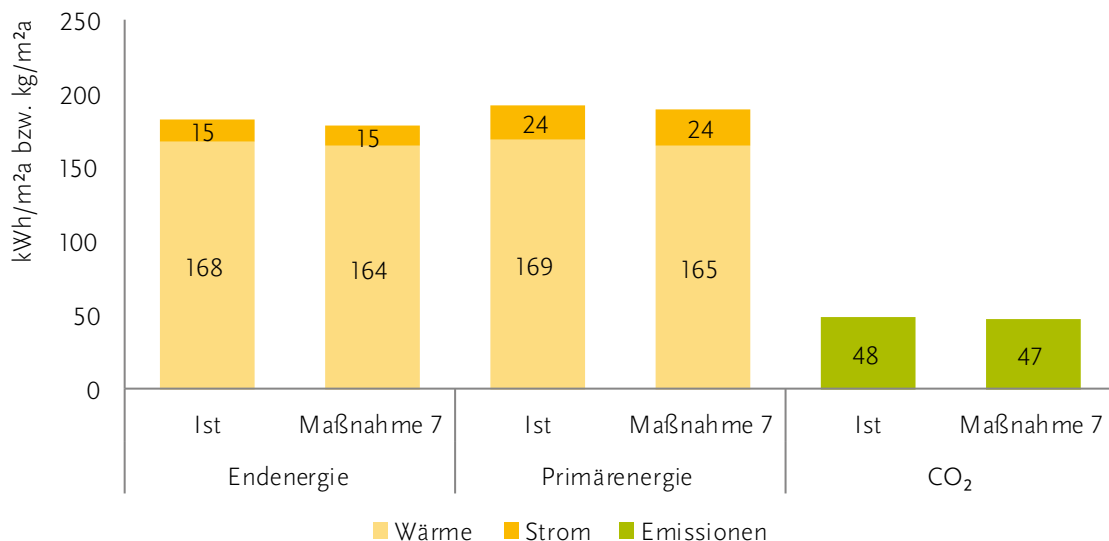
Investitionskosten	63.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	63.000 €
Einsparung Kosten	186 €/a
Amortisationszeit	länger als 50 Jahre
Lebensdauer Dämmung	50 Jahre

Dies ist zwischen den bestehenden Holzbindern problemlos möglich.

Die Maßnahme ist zum jetzigen Zeitpunkt wirtschaftlich nicht umsetzbar.

Es wird empfohlen, diese Maßnahme im Rahmen einer Gesamtanierung des Gebäudes, hin zum CO₂-neutralen Gebäude, umzusetzen.

Die Lebensdauer der Dämmung liegt bei mindestens 50 Jahren.



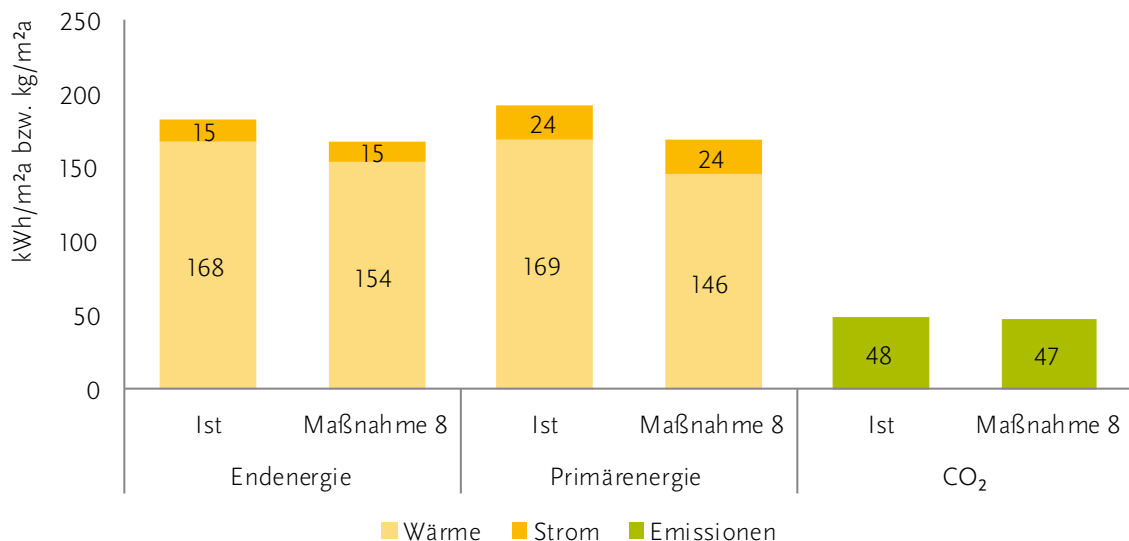
Optimierung der heizungstechnischen Anlage



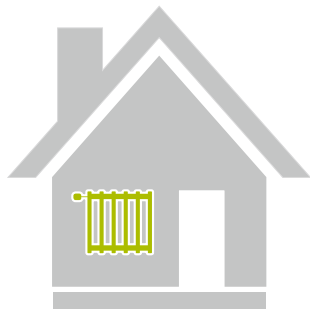
Bereits bei der vorhandenen Heizungsanlage kann mit geringerem Kostenaufwand Energie eingespart werden, indem man einen hydraulischen Abgleich durchführt, Hocheffizienzpumpen einbaut und Thermostatventile mit Voreinstellung verwendet.

Die Kosten liegen dann bei etwa 3.000 € und diese Kosten amortisieren sich schon nach 5-10 Jahren. Nach Ablauf dieser Amortisationszeit läuft auch die Pacht der PV-Anlage aus, sodass generell eine neue Art der Anlagentechnik, z.B. Wärmepumpentechnik, zu beachten wäre.

Investitionskosten	3.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	3.000 €
Einsparung Kosten	225 €/a
Amortisationszeit	10 Jahre
Lebensdauer Pumpen/Ventile	15 Jahre



Neuer Gasheizkessel in Brennwerttechnik



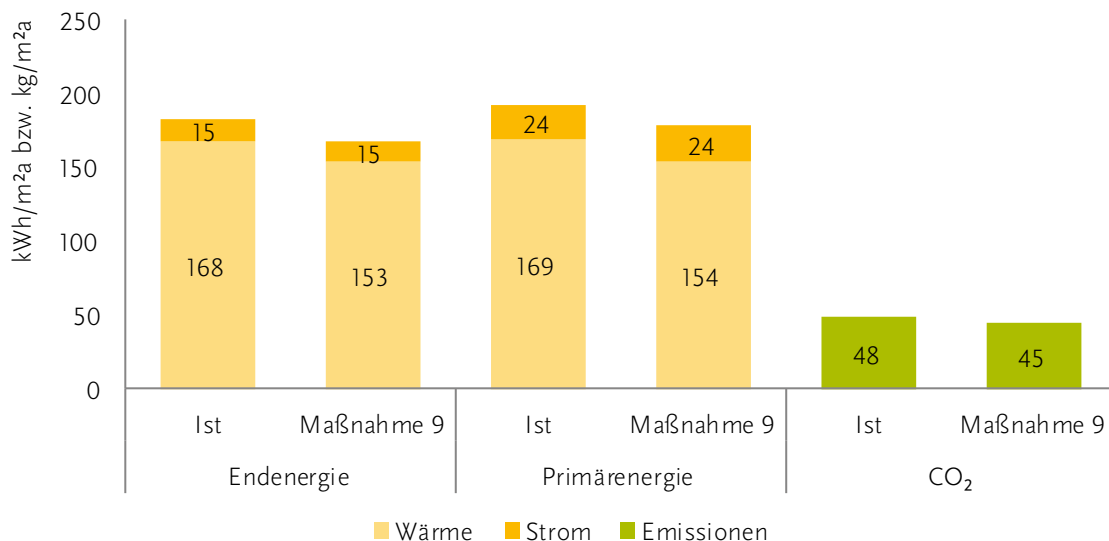
Brennwertkessel sind eine Weiterentwicklung der Niedertemperaturkessel. Sie erzielen gegenüber diesen deutlich geringere Schadstoff-

emissionen und eine um bis zu 11 Prozent bessere Ausnutzung des Brennstoffs. Bei einem Brennwertkessel werden die Abgase soweit herunter gekühlt, dass der Wasserdampf, der bei der Verbrennung entsteht, auskondensiert. Die dabei frei werdende Kondensationswärme wird wieder dem Heizsystem zugeführt.

Die Maßnahme wäre zwar wirtschaftlich umsetzbar, kann aber zurzeit nicht empfohlen werden. Der vorhandene Kessel ist nicht überdimensioniert und technisch in einem guten Zustand. Der Heizungstausch sollte daher erst nach 30 Jahren erfolgen.

Die standardmäßige Lebensdauer der Heizung liegt bei 25 Jahren.

Investitionskosten	25.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	keine
Einsparung Kosten	801 €/a
Amortisationszeit	19 Jahre
Lebensdauer Heizung	25 Jahre



Heizungserneuerung Wärmepumpe Geothermie



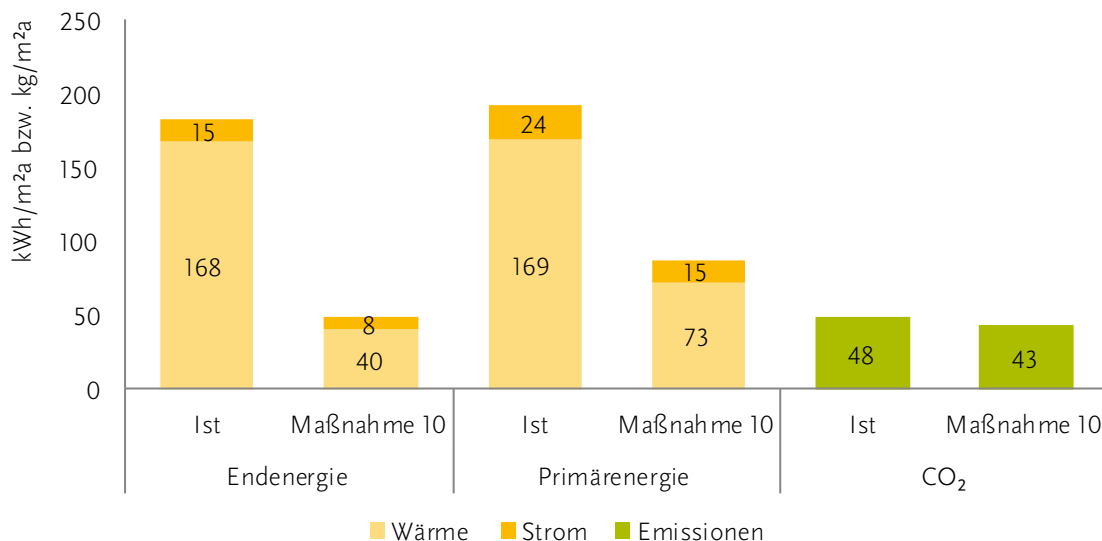
Bei der Geothermie wird der Erde mittels Tiefenbohrung Wärme entzogen. Die so gewonnene Energie wird dann zur Beheizung des Gebäudes und Brauchwassererwärmung genutzt.

Um die gewonnene Wärme zu speichern muss ein Pufferspeicher eingebaut werden.

2029 läuft der Pachtvertrag für die PV-Anlage aus. Der Ertrag der 170 m² großen Anlage liegt, gemäß-Berechnung nach Norm, bei 20.855 kWh/a. Der Strom für die Wärmepumpe kann so zu 20 % regenerativ erzeugt werden.

Die Lebensdauer der Heizung liegt bei 25 Jahren.

Investitionskosten	60.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	35.000 €
Einsparung Kosten	2.906 €/a
Amortisationszeit	14 Jahre
Lebensdauer Heizung	25 Jahre



Neuer Wärmeerzeuger als Pelletkessel



Das Gebäude kann auch mittels Biomasse beheizt werden. Pellets bieten sich an. Bei der Pelletheizung muss zusätzlich ein Puffer-

speicher eingebaut werden. Es gibt auch die Möglichkeit mit einem integrierten Frischwassertank der Legionellenproblematik entgegenzuwirken. Diese Heizungsanlage sollte jedoch in ca. 10 Jahren eingebaut werden. So lange bleibt die bestehende Anlage in Betrieb.

Die Installation eines Pelletkessels ist im betrachteten Gebäude auch deshalb eine Alternative, weil in den Kellerräumen die entsprechenden Lagerkapazitäten vorhanden sind. Die erhöhten Anschaffungskosten können teilweise durch Zuschüsse (nach aktuellem Stand) ausgeglichen werden.

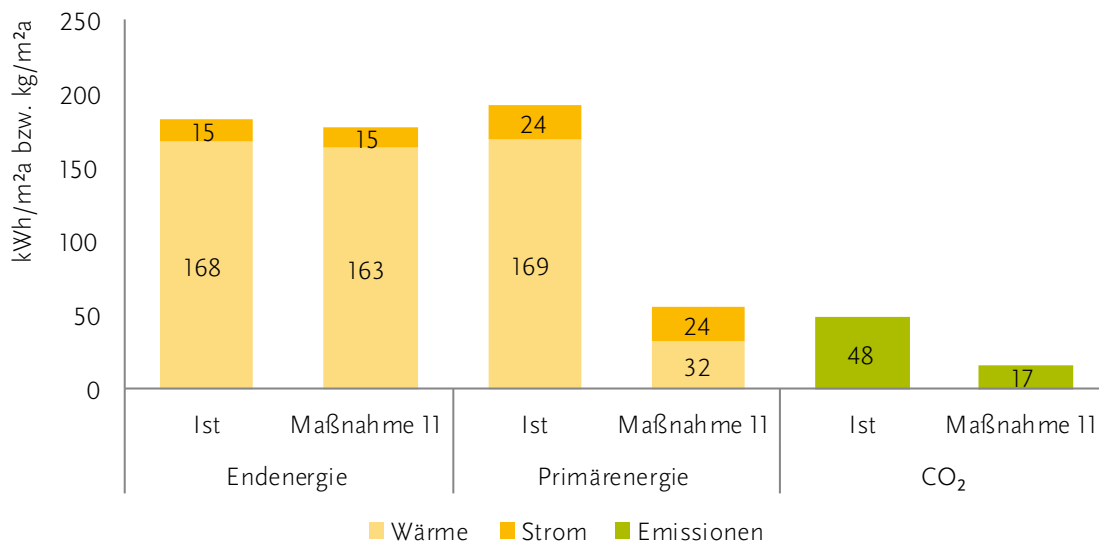
Zudem sind in Deutschland Pellets aus nachhaltiger Erzeugung aus unbehandeltem Recyclingholz verfügbar, sodass bei entsprechen-

Investitionskosten	50.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	25.000 €
Einsparung Kosten	1.388 €/a
Amortisationszeit	20 Jahre
Lebensdauer Heizung	25 Jahre

dem Einkauf zur Pelletherstellung selbst kein Baum gefällt werden muss. Auch das Thema Feinstaub ist aufgrund heutiger Filtertechnik kein Hindernis mehr für die Anschaffung eines Pelletkessels.

Mit dem Einbau einer Pelletheizung kommt man, zusammen mit der Sanierung der Bauteile Fenster, Außenwand, Schräg- und Flachdach, dem Ziel einer CO₂-neutralen Kindertagesstätte am Nächsten.

Die Lebensdauer der Heizung liegt bei 25 Jahren.



Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung



In das Gebäude wird eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) eingebaut. Bei einer Lüftungsanlage wird verbrauchte

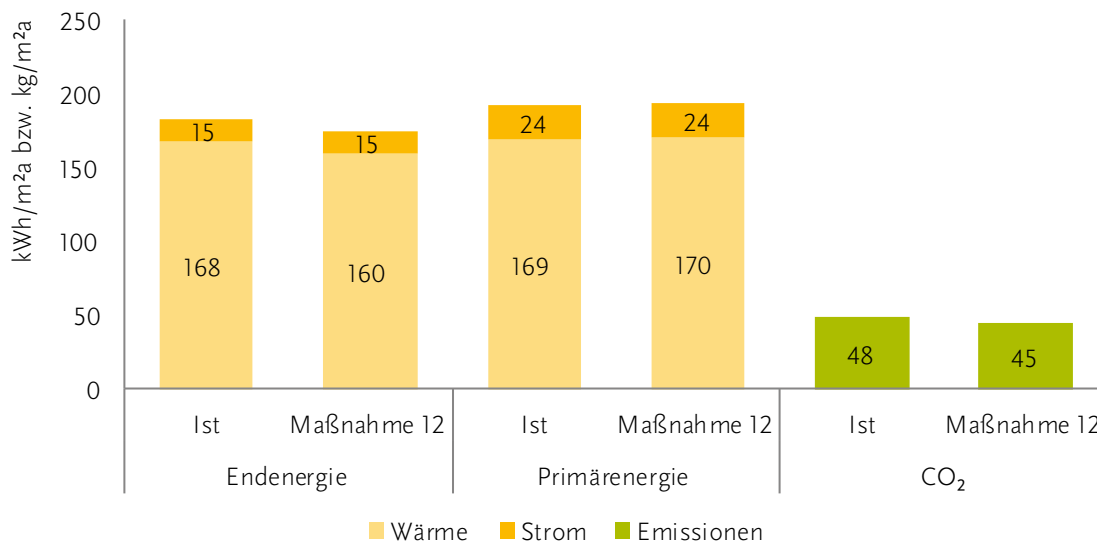
Luft abgezogen und durch frische, gereinigte Luft ersetzt. Durch die WRG wird die frische Außenluft vorerwärmt. So geht möglichst wenig Energie verloren. Es ist wichtig, dass eine solche Anlage einen CO₂-Sensor hat. Dieser erkennt den CO₂-Gehalt in der Luft und schaltet die Anlage automatisch höher, wenn die Belastung zu hoch wird. Das CO₂ in der Luft macht müde, schläfrig und unkonzentriert und kann auch zu Kopfschmerzen führen.

Eine Lüftungsanlage ist besonders sinnvoll, wenn neue Fenster eingebaut werden, da diese luftdicht eingebaut werden müssen und daher der unkontrollierte Luftaustausch fast komplett entfällt.

Investitionskosten	40.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	40.000 €
Einsparung Kosten	613 €/a
Amortisationszeit	28 Jahre
Lebensdauer Lüftungsanlage	25 Jahre

Das Öffnen der Fenster ist nicht mehr nötig und wird auch nicht „vermisst“. In jedem Fall muss ein Luftdichtigkeitstest (Blower-Door-Test) durchgeführt werden.

Im Zuge der Innendämmung der Dachschrägen bietet es sich an die Lüftungsrohre einer Lüftungsanlage zur kontrollierten Be- und Entlüftung des Gebäudes in diesen Dachbereichen zu verlegen.



Verbesserung der Fußbodendämmung



Die derzeitigen Verluste der Bodenplatte liegen bei 20.500 kWh/a. Durch eine energetische Sanierung können hier 13.500 kWh/a

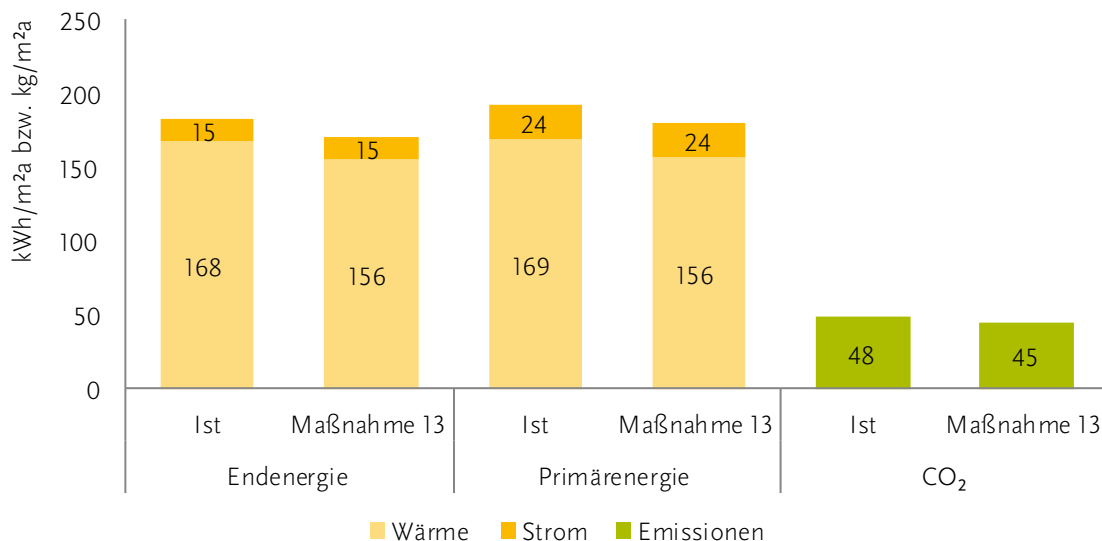
eingespart werden. Die Dämmung sollte etwa 80 mm der WLG 025 betragen. Der U-Wert verbessert sich dann auf 0,23 W/m²K.

Investitionskosten	90.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	90.000 €
Einsparung Kosten	657 €/a
Amortisationszeit	41 Jahre
Lebensdauer Dämmung	50 Jahre

Die Kosten für diese Maßnahme liegen bei mindestens 90.000 €, die Amortisationszeit bei mindestens 41 Jahren.

Bei dieser Maßnahme sind jedoch nicht die Kosten der entscheidende Faktor sondern der technische Aufwand. Durch diese Maßnahme verändern sich auch Raumhöhen, Türhöhen, Brüstungshöhen u.s.w.

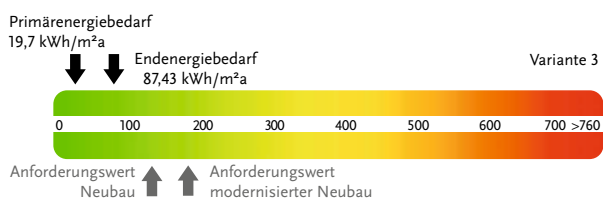
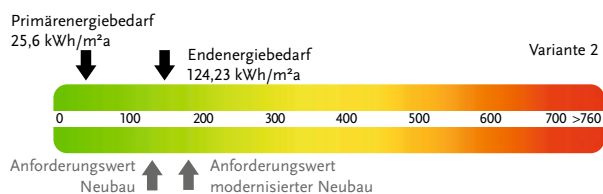
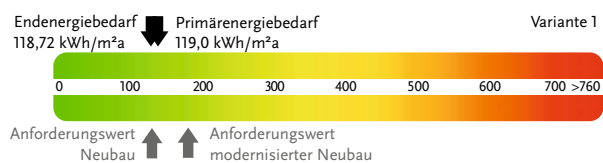
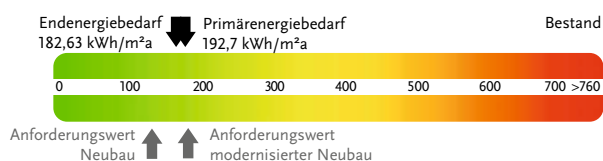
Diese Maßnahme ist zwar theoretisch möglich, aber wirtschaftlich nicht durchführbar. Ein Grund sind zu hohe Kosten. Zudem ist sie aus technischer Sicht nicht erforderlich.



Varianten

Es wurden folgende Varianten betrachtet:

- › Kostenoptimierte Variante mit minimalen Investitionen (Variante 1)
- › Optimierte Variante mit minimalen Lebenszykluskosten (Variante 2)
- › Klimaschutzvariante mit minimalem Energiebedarf (Variante 3)



Die begrenzte Wirkung wirtschaftlich vertretbarer Wärmedämmmaßnahmen zur Energieeinsparung ist auch der Grund dafür, dass bei keiner Variante ein negativer Primärenergiebedarf und auch ein negativer Endenergiebedarf zu erzielen ist. Zur Erreichung der Zielsetzung wäre mit exponentiell steigenden Kosten zu rechnen.

Allerdings wird die CO₂-Neutralität der Varianten 2 und 3 durch die Kombination der erneuerbaren Energien mit der PV-Eigennutzung (generelle Reduktion in allen Varianten) möglich.

Die Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes des Gruppenraumes im OG wurde wegen der Notwendigkeit einer Verbesserung der Nutzungseigenschaften dieses Raumes als „technisch notwendig“ in alle Varianten integriert.

Die Umrüstung der Beleuchtung auf LED-Technik kann auch sukzessive erfolgen und ist unabhängig von den anderen Maßnahmen durchführbar.

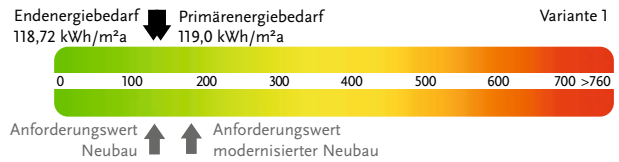
In 2029 fällt die auf dem Dach installierte PV-Anlage und somit der Ertrag an die Gemeinde. Dann kann der damit erzeugte Strom selbst genutzt werden. Durch den Einbau eines Stromspeichers, kann die Nutzungsquote erheblich verbessert werden.

Nach 40 Jahren sind auch Fenster und Außenfassade in einem erneuerungsbedürftigen Zustand, zumal bei einem Fensteraustausch die Fassade in Mitleidenschaft gezogen wird. Deshalb sollten diese beiden Maßnahmen zusammen umgesetzt werden.

Weitere Erhaltungsmaßnahmen an der Dachfläche oder erdberührten Außenwänden fallen wegen ihrer Lebensdauer (80-100 Jahre) außerhalb des Betrachtungszeitraums von 50 Jahren, d.h. bis 2068 an.

Kostenoptimierte Variante mit minimalen Investitionen

Die Variante 1 wurde unter der Prämisse „nur das Nötigste“ d. h. „minimale Investitionskosten“ zusammengestellt. Es sind dies in chronologischer Reihenfolge:



	1995 Baujahr	Startzeitpunkt der Lebensdauer der Bauteile	
	2019	Verbesserung sommerlicher Wärmeschutz Gruppenraum OG Optimierung der heizungstechnischen Anlage Umrüstung der Beleuchtung auf LED-Technik	Maß. 1 Maß. 8 Maß. 3
	2025 2029	Neuer Gasheizkessel in Brennwerttechnik Eigenstromnutzung der PV-Anlage mit Installation eines Stromspeichers	Maß. 9
	2035	Neue Fenster und Wärmedämmung der Außenwände Neue Verglasung der Lichtkuppel	Maß. 4+6 Maß. 2

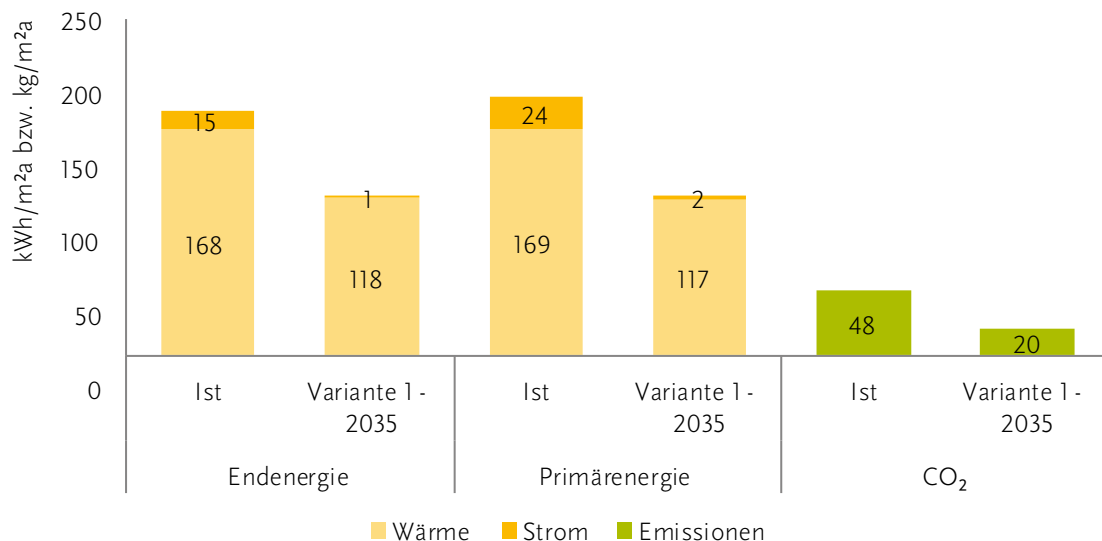
Variante 1 | Kostenoptimierte Variante mit minimalen Investitionen

Die Erneuerung des Wärmeerzeugers erfolgt nach 30-jährigem Betrieb des vorhandenen Kessels, der spätestens dann üblicherweise ausgetauscht werden muss. Es wird ein neuer Gas-Brennwertkessel als die investiv kostengünstigste Ersatzmaßnahme vorgesehen.

Bezeichnung	Ist-Zustand	2019	2025	2029	2035
Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]	194.876	189.679	177.407	168.443	126.728
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/a]	205.670	196.764	184.613	168.479	126.991
Investitionskosten [€]	0	37.500	25.000	15.000	204.000
CO ₂ -Emissionen [kg/a]	50.352	47.713	44.756	39.836	29.783

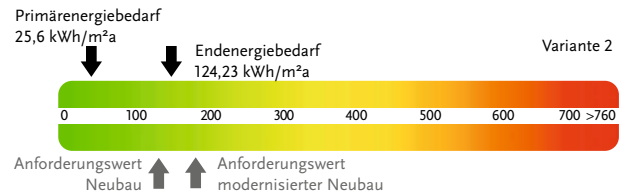
Bilanziert man den Jahresbrennstoff- und Strombedarf an der Grundstücksgrenze unter Berücksichtigung des in das Netz eingespeisten PV-Stromes, ergibt sich folgender CO₂-Ausstoß:

Bezeichnung	Ist-Zustand	2019	2025	2029	2035
CO ₂ -Emissionen [kg/a] incl. PV-Einspeisung	50.352	47.713	44.756	31.926	21.873



Optimierte Variante mit minimalen Lebenszykluskosten

Bei den Lebenszykluskosten (LCC) handelt es sich um Investitions-, Energie-, Wartungs- und Instandhaltungskosten innerhalb des Betrachtungszeitraumes von 50 Jahren.



Die Maßnahmenauswahl ist also nicht an den reinen Investitionskosten orientiert, sondern berücksichtigt auch die durch die jeweilige Maßnahme langfristig verursachten laufenden

Kosten. Es werden die für die einzelnen Bauteile üblichen Erneuerungszyklen berücksichtigt.

	1995 Baujahr	Startzeitpunkt der Lebensdauer der Bauteile	
	2019	Verbesserung sommerlicher Wärmeschutz Gruppenraum OG Optimierung der heizungstechnischen Anlage Umrüstung der Beleuchtung auf LED-Technik	Maß. 1 Maß. 8 Maß. 3
	2025 2029	Neuer Wärmeerzeuger als Pelletkessel Eigenstromnutzung der PV-Anlage mit Installation eines Stromspeichers	Maß. 11
	2035	Neue Fenster und Wärmedämmung der Außenwände Neue Verglasung der Lichtkuppel	Maß. 4+6 Maß. 2

Variante 2 | Optimierte Variante mit minimalen Lebenszykluskosten

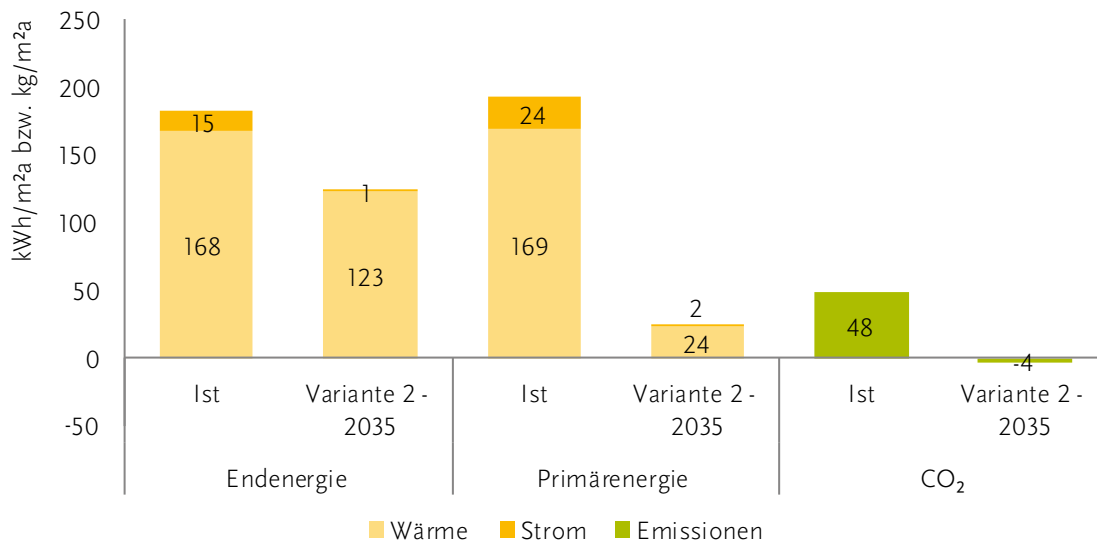
Der gewählte teurere Pelletkessel verursacht langfristig die niedrigeren Gesamtkosten. In Verbindung mit dem Stromeigenverbrauch

der PV-Anlage und der Netzeinspeisung des überschüssigen Stromes kann eine negative CO₂-Bilanz erreicht werden.

Bezeichnung	Ist-Zustand	2019	2025	2029	2035
Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]	194.876	189.679	187.276	178.295	132.609
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/a]	205.670	196.764	52.295	36.129	27.323
Investitionskosten [€]	0	37.500	50.000	15.000	204.000
CO ₂ -Emissionen [kg/a]	50.352	47.713	10.181	5.337	4.103

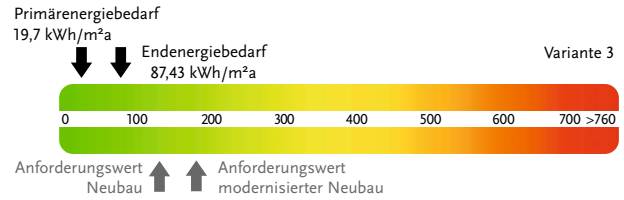
Bilanziert man den Jahresbrennstoff- und Strombedarf an der Grundstücksgrenze unter Berücksichtigung des in das Netz eingespeisten PV-Stromes, ergibt sich folgender CO₂-Ausstoß:

Bezeichnung	Ist-Zustand	2019	2025	2029	2035
CO ₂ -Emissionen [kg/a] incl. PV-Einspeisung	50.352	47.713	10.181	-2.573	-3.807







Klimaschutzvariante mit minimalem Energiebedarf

In dieser Variante wird der Energiebedarf des Gebäudes minimiert, unter Inkaufnahme höherer Investitions- und Lebenszykluskosten. Gegenüber der Variante 2 wird der Pelletkessel bereits in 2019 installiert, was für Gaskessel (24 Jahre) noch nicht erforderlich aber vertretbar ist. Bei einem Pelletkessel ergeben sich gegenüber einem Gaskessel bzw. einer Wärme-



pumpe mit Anschluss der PV-Anlage erheblich niedrigere CO₂-Emissionen.

	1995 Baujahr	Startzeitpunkt der Lebensdauer der Bauteile	
	2019	Verbesserung sommerlicher Wärmeschutz Gruppenraum OG Optimierung der heizungstechnischen Anlage Umrüstung der Beleuchtung auf LED-Technik Neuer Wärmeerzeuger als Pelletkessel	Maß. 1 Maß. 8 Maß. 3 Maß. 11
	2029	Eigenstromnutzung der PV-Anlage mit Installation eines Stromspeichers	
	2035	Neue Fenster und Wärmedämmung der Außenwände Neue Verglasung der Lichtkuppel Innendämmung der Dachschrägen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung Zusätzliche Dämmung der oberen Geschoßdecken Verbesserung der Fußbodendämmung	Maß. 4+6 Maß. 2 Maß. 7 Maß. 12 Maß. 5 Maß. 13

Variante 3 | Klimaschutzvariante mit minimalem Energiebedarf

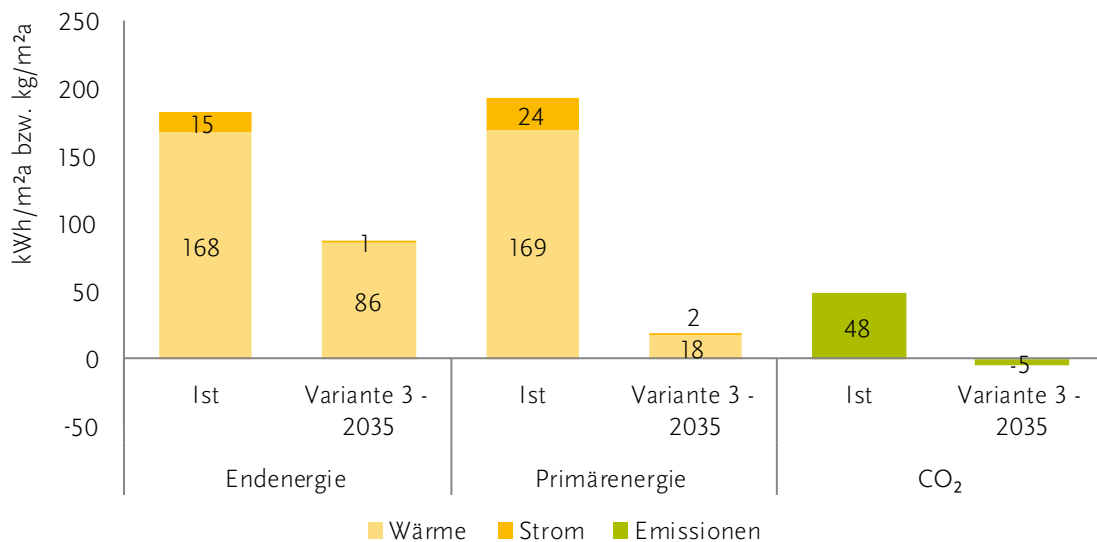
Die in 2035 durchgeführten Baumaßnahmen erschließen alles an Potenzial, was an baulicher Verbesserung an dem Gebäude möglich

ist. Die Wärmebrücken werden verbessert, so dass die dort auftretenden Zusatzverluste verhindert werden.

Bezeichnung	Ist-Zustand	2019	2025	2029	2035
Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]	194.876	189.679	187.276	178.295	93.326
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/a]	205.670	196.764	52.295	36.129	21.079
Investitionskosten [€]	0	87.500	0	15.000	404.000
CO ₂ -Emissionen [kg/a]	50.352	47.713	10.180	5.337	3.020

Bilanziert man den Jahresbrennstoff- und Strombedarf an der Grundstücksgrenze unter Berücksichtigung des in das Netz eingespeisten PV-Stromes, ergibt sich folgender CO₂-Ausstoß:

Bezeichnung	Ist-Zustand	2019	2025	2029	2035
CO ₂ -Emissionen [kg/a] incl. PV-Einspeisung	50.352	47.713	10.180	-2.573	-4.890





Verwendete Rahmenbedingungen/Erläuterungen

Berechnungsgrundlage

Die Zahlen ergeben sich aus einer monatlichen Bilanzierung unter den Randbedingungen der EnEV 2016 und der DIN V 18599 (Referenzklima EnEV Deutschland). Verwendet wurde:

- › EnEV 2014 (Anforderungsniveau ab 1.1.2016), Nichtwohngebäude nach DIN V 18599:2011, Bestand
- › Software: ZUB Helena v7.55 Ultra

Kostendarstellung

- › Angenommene Inflation: 2 %
- › Angenommener Darlehenszins für Investitionen bei öffentlichen Gebäuden: 1 %
- › Energiepreissteigerung: 4 %

Energie-träger	Aktueller Energiepreis [€/kWh]	CO ₂ [kg]
Gas	0,06	202
Allgemeiner Strom	0,29	595
Wärme-pumpentarif	0,18	595
Eigenver-brauch des PV-Stroms	0,10	0
Pellet	0,04	0

Argumente gegenüber der Kommunalaufsicht

Durch die vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen wird langfristig ein CO₂-neutrales Gebäude erreicht. Die hierfür vorgeschlagenen Maßnahmen werden, unter Inkaufnahme geringer energetischer Mehrkosten, zum Zeitpunkt der jeweils sowieso erforderlichen Instandhaltungszyklen durchgeführt.

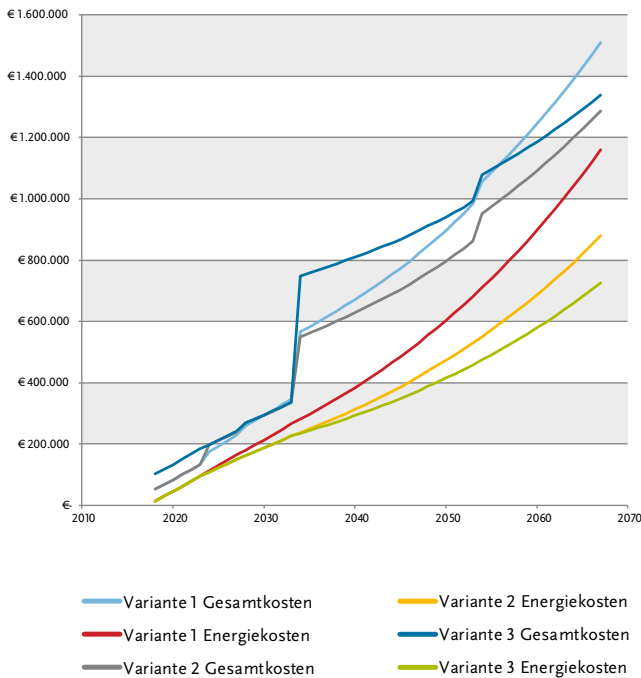
Mit dieser Vorgehensweise ist der wirtschaftlich, sinnvolle Einsatz der bereitgestellten Mittel gewährleistet.

Querverweise auf andere Gebäude derselben Gebäudekategorie

Die Schlussfolgerung der Untersuchung zeigt, dass bei Gebäuden mit energetischem Standard WSVO 1995, energetische Sanierungsmaßnahmen nur dann sinnvoll sind, wenn die Bau- oder Anlagenteile sowieso erneuert werden müssen.

Fazit

In der nachfolgenden Grafik sind die Auswirkungen der verschiedenen Vorgehensweisen hinsichtlich der Vollkosten und des Energieverbrauchs aufgeführt. (vgl. Varianten 1-3)



Man erkennt

- › Maßgeblich für den Kostenverlauf sind die Energiekosten und deren Preissteigerung, was man am kongruenten Verlauf aller Kurven erkennen kann.
- › Investitions- und Wartungskosten spielen, bis auf Variante 3, nur eine untergeordnete Rolle.
- › Variante 2 mit dem Pelletkessel (d.h. Minimierung der Energiekosten und des CO₂-Ausstoßes) und der regelmäßigen Sanierung (aber nur wenn wirklich erforderlich) stellt die langfristig kostengünstigste Möglichkeit dar.
- › Die Variante 3 zeigt, dass der überproportionale Aufwand zur baulichen Verbesserung

der Gebäudehülle in diesem Fall (am Gebäude der Baualterklasse nach WSVO 1995), weder betriebswirtschaftlich noch unter Klimaschutzgesichtspunkten sinnvoll ist:

Betrachtet man den Umweltaspekt anhand der CO₂-Emissionen, summieren sich diese in Variante 1 wegen der weiteren Beheizung mit Gas auf insgesamt 1.717.000 kg in den nächsten 50 Jahren.

In der Variante 2 reduziert sich der CO₂-Ausstoß auf insgesamt 498.000 kg in den nächsten 50 Jahren. Unter Berücksichtigung der PV-Einspeisung ab dem Jahr 2029 können im Betrachtungszeitraum nochmals 316.000 kg gegengerechnet werden, sodass im Bilanzzeitraum von 2019 bis 2069 insgesamt nur noch 182.000 kg CO₂ emittiert werden.

In Variante 3 wird der Pelletkessel bereits 2019 installiert und weitere energetische Verbesserungen durchgeführt (siehe oben). Dadurch wird der CO₂-Ausstoß auf 461.720 kg reduziert bzw. mit Anrechnung der PV-Einspeisung auf 285.680 kg.

Aufgrund der ohnehin erforderlichen Sanierungsmaßnahmen (bedingt durch die Herangehensweise gemäß LCC) ergibt sich, dass bereits 2035 CO₂-Neutralität erreichbar wäre.

Die Lebenszykluskosten sollten bei jedem Gebäude betrachtet werden, um eine wirtschaftliche und ökologische Bewertung alternativer Maßnahmen zu ermöglichen.

Unter Berücksichtigung der PV-Einspeisung kann mit den Maßnahmen der Variante 2 somit bereits in 2029 die Klimaneutralität für dieses Gebäude erreicht werden.

Es wird empfohlen die weitere Vorgehensweise anhand der Variante 2 anzustreben.

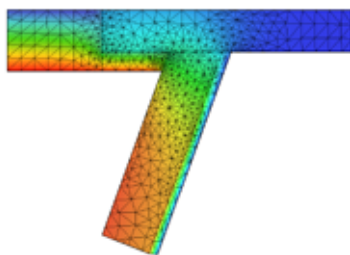
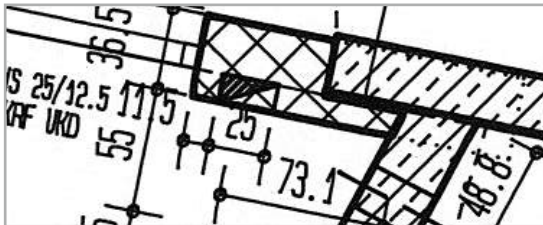
Detailplanung Wärmebrücken

Durch die detaillierte Betrachtung der Wärmebrücken und die Vermeidung bzw. Verringerung von Wärmeverlusten kann ein geringerer Wärmebrückenzuschlag in der Berechnung angesetzt werden.

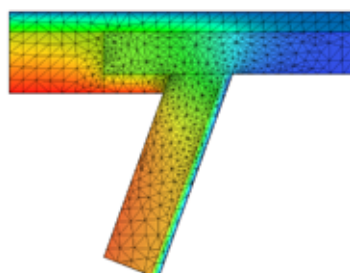
Wärmebrücke Nr. 1 Wandecke KG

Wandanschluss Betonecke an Porotonwand, beheizter Raum Kellergeschoß (KG) gegen Außenluft bzw. Erdreich

Material	λ [W/mK]
Beton (2400)	2,1
Poroton (018)	0,18
Polystyrol-Extruderschaum als Perimeterdämmung	0,04
Polystyrol	0,032



Wandecke
KG
Bestand:
 $\psi =$
+0,397
W/mK

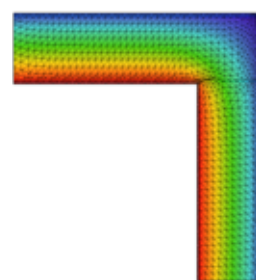
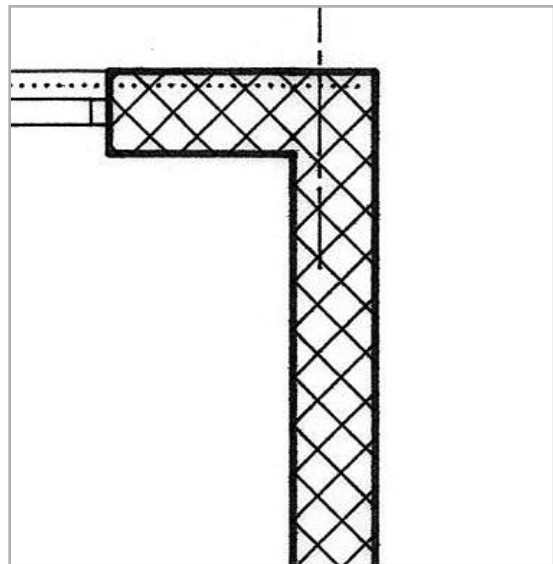


Wandecke
KG
Sanierung:
 $\psi =$
+0,186
W/mK

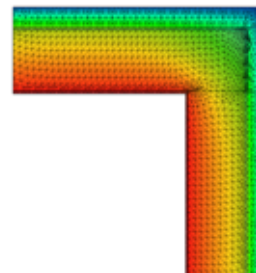
Wärmebrücke Nr. 2: Außenecke

Wandecke aus Porotonmauerwerk, verputzt gegen Außenluft

Material	λ [W/mK]
Leichtputz (700)	0,21
Poroton (018)	0,18
Gipsputz	0,7
Polystyrol	0,032



Wandecke
Mauerwerk
Bestand:
 $\psi =$
-0,222
W/mK

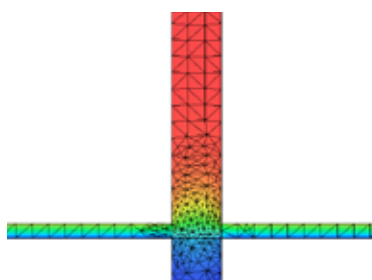
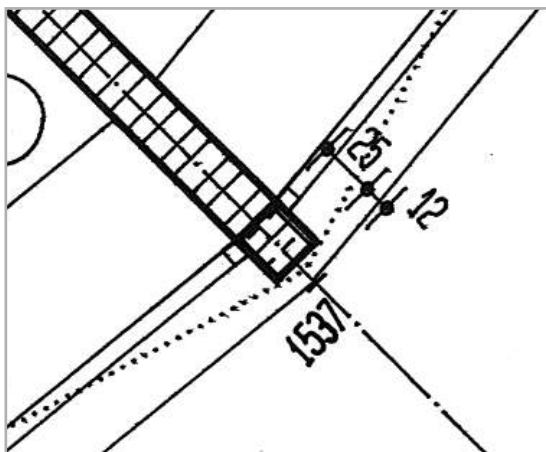


Wandecke
Mauerwerk
Sanierung:
 $\psi =$
+0,090
W/mK

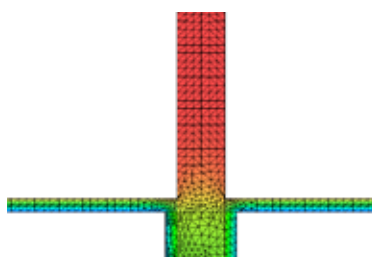
Wärmebrücke Nr. 3: Fensterfassade

Fensteranschluss horizontal an Betoninnenwand mit Ziegelverkleidung an der Außenfassade, beheizter Raum (Gruppenraum EG) gegen Außenluft

Material	λ [W/mK]
Fenster $U_w = 1,5/0,9$ W/mK	0,141/0,074
Beton (2400)	2,1
Vollziegel (1400)	0,580
Polystyrol	0,032



Fensterfassade
Bestand:
 $\Psi = +0,294$ W/mK

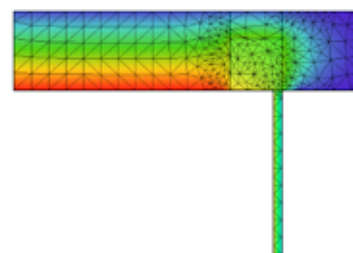
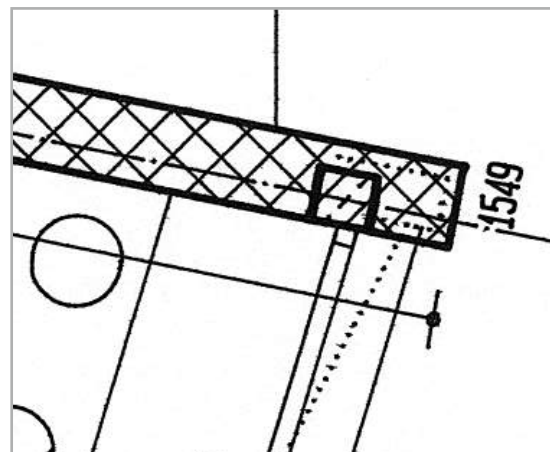


Fensterfassade
Sanierung:
 $\Psi = -0,010$ W/mK

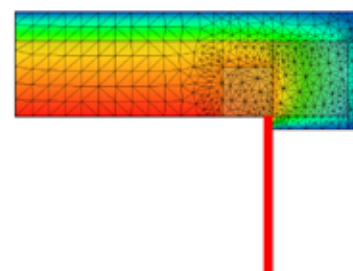
Wärmebrücke Nr. 4: Anschluss Fenster

Anschluss Festverglasung horizontal an Betonstütze von Porotonmauerwerk ummantelt, beheizter Raum (Gruppenraum EG) gegen Außenluft

Material	λ [W/mK]
Fenster $U_w = 1,5/0,9$ W/mK	0,141/0,074
Beton (2400)	2,1
Poroton (018)	0,18
Polystyrol	0,032



Anschluss Fenster Wand
Bestand:
 $\Psi = +0,399$ W/mK

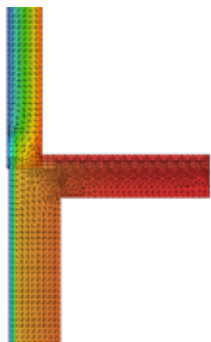
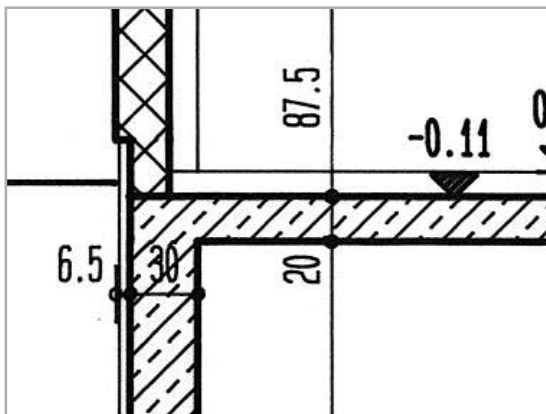


Anschluss Fenster Wand
Sanierung:
 $\Psi = +0,115$ W/mK

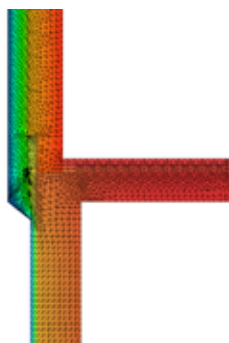
Wärmebrücke Nr. 5: Sockelanschluss

Sockelanschluss (Beton, Poroton), beheizt gegen Erdreich bzw. Außenluft

Material	λ [W/mK]
Beton (2400)	2,1
Vollziegel (1400)	0,580
Zementestrich	1,4
Polystyrol-Extruderschaum	0,040
Polystyrol	0,032



Sockelanschluss
Bestand:
 $\psi = -0,053$
W/mK

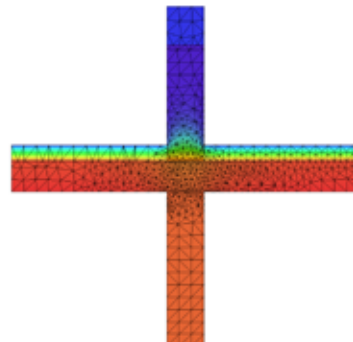
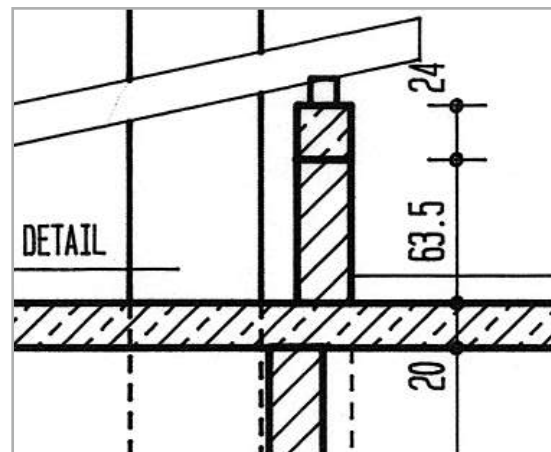


Sockelanschluss
Sanierung:
 $\psi = -0,032$
W/mK

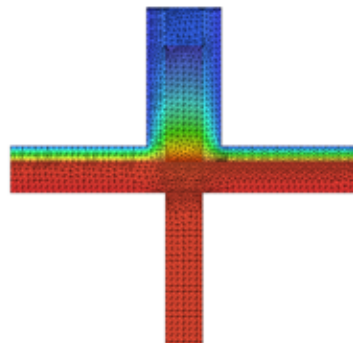
Wärmebrücke Nr. 6: Dachaufbau

Aufständerung Pultdach, beheizter Raum (OG) gegen Außenluft

Material	λ [W/mK]
Beton (2400)	2,1
Polystyrol-Extruderschaum	0,040
Poroton (018)	0,18



Dachaufbau
Bestand:
 $\psi = +0,131$
W/mK

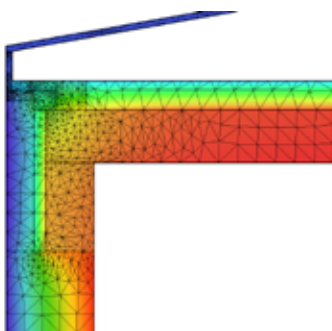
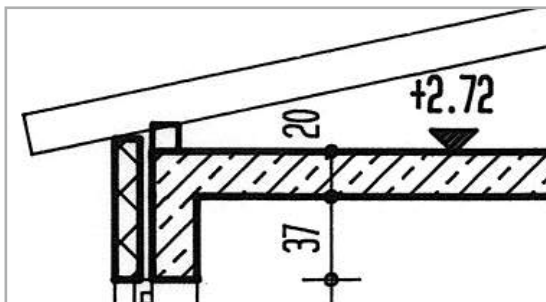


Dachaufbau
Sanierung:
 $\psi = +0,009$
W/mK

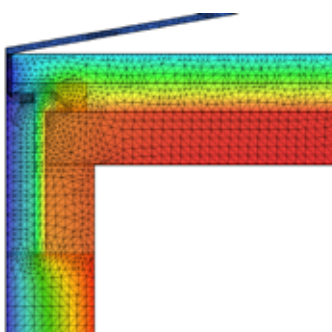
Wärmebrücke Nr. 7: Traufe EG

Anschluss Pultdach an Außenwand, beheizter Raum gegen schwach belüftete Luftschicht

Material	λ [W/mK]
Holz	0,130
Mineralische Dämmung	0,040/ 0,035
Beton (2400)	2,1
Poroton (018)	0,18
Polystyrol-Extruderschaum	0,040



Traufe EG
Bestand:
 $\psi =$
+0,089
W/mK

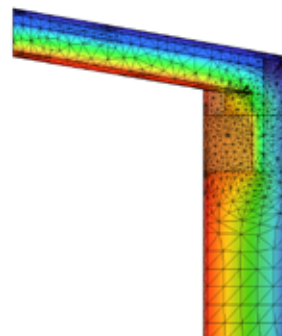
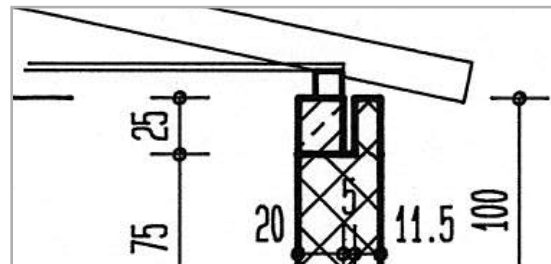


Traufe EG
Sanierung:
 $\psi =$
-0,106
W/mK

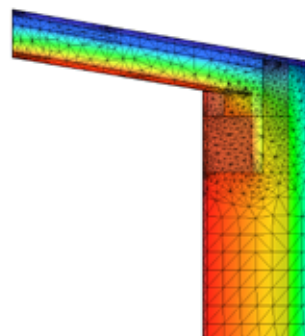
Wärmebrücke Nr. 8: Traufe OG

Anschluss hinterlüftetes Satteldach 2.OG an Außenwand, beheizter Raum gegen schwach belüftete Luftschicht

Material	λ [W/mK]
Holz	0,130
Mineralische Dämmung	0,040
Beton (2400)	2,1
Poroton (018)	0,18
Polystyrol-Extruderschaum	0,040
Gipsputz	0,7



Traufe OG
Bestand:
 $\psi =$
-0,051
W/mK

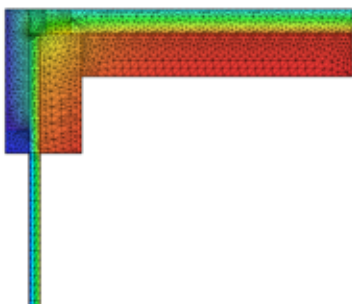
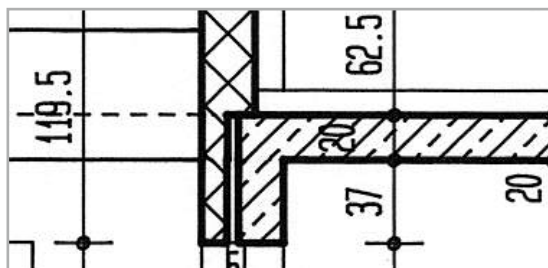


Traufe OG
Sanierung:
 $\psi =$
-0,052
W/mK

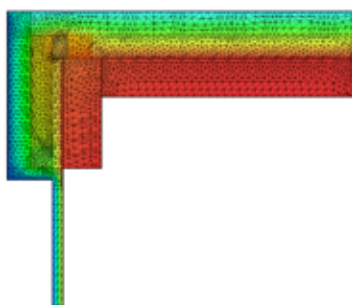
Wärmebrücke Nr. 9: Fenstersturz EG

Fensteranschluss vertikal, beheizter Raum gegen Außenluft

Material	λ [W/mK]
Fenster $U_w = 1,5/0,9$ W/mK	0,141/ 0,074
Holz	0,130
Beton (2200/2400)	1,6/ 2,1
Poroton (018)	0,18
Polystyrol-Extruderschaum	0,040
Mineralische Dämmung	0,035
Polystyrol	0,032



Fenstersturz EG
Bestand:
 $\psi = +0,052$ W/mK

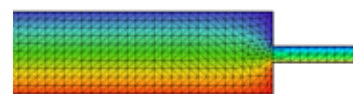
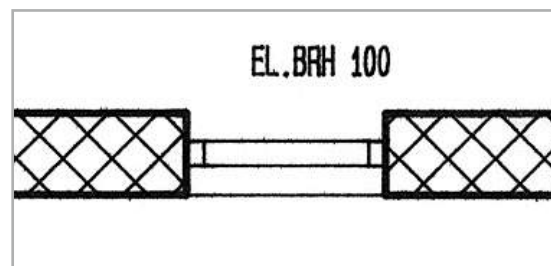


Fenstersturz EG
Sanierung:
 $\psi = -0,079$ W/mK

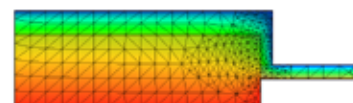
Wärmebrücke Nr. 10: Fensterlaibung

Fensteranschluss Mauerwerk horizontal, beheizter Raum gegen Außenluft

Material	λ [W/mK]
Fenster $U_w = 1,5/0,9$ W/mK	0,141/ 0,074
Poroton (018)	0,18
Polystyrol	0,032



Fensterlaibung
Bestand:
 $\psi = +0,060$ W/mK



Fensterlaibung
Sanierung:
 $\psi = +0,18$ W/mK



Abkürzungsverzeichnis & Glossar

CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung
EG	Erdgeschoß
EnEV	Energieeinsparverordnung
KG	Kellergeschoß
kW	Kilowatt (Einheit für Leistung)
kWh	Kilowattstunde (Einheit für die Arbeit bzw. Energie)
kWh/m ² a	Kilowattstunde je Quadratmeter Fläche und Jahr
kW _p	Kilowatt peak (Einheit für die Leistung bzw. Spitzenleistung / Nennleistung)
λ	Wärmeleitfähigkeit (griechischer Buchstabe „Lambda“)
LCC	Lebenszykluskosten (von englisch Life-Cycle Costing)
LED	Leuchtdiode (von englisch light-emitting diode)
OG	Obergeschoß
PCM	Phasenwechselmaterialien (von englisch phase change materials)
ψ	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (griechischer Buchstabe „Psi“)
PV	Photovoltaik
PV-Anlage	Photovoltaik-Anlage
RAL	Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (Abk. für Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen)
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
U _g -Wert	Wärmedurchgangskoeffizient – Kennwert für Fensterglas (g von englisch glazing)
U _w -Wert	Wärmedurchgangskoeffizient – Kennwert des gesamten Fensters (w von englisch window)
Ü-Wert	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient der wärmeübertragenden Umfassungsfläche
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
W/m ² K	Watt pro Quadratmeter und Kelvin
WRG	Wärmerückgewinnung



Impressum

Kurzvorstellung Energieagentur

Die Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH unterstützt Kommunen und öffentliche Einrichtungen, Unternehmen und Bürger bei der Umsetzung ihrer Aktivitäten zur Energiewende in Rheinland-Pfalz.

Sie informiert und initiiert Projekte in den Bereichen Erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Energiesparen. Mitarbeiter in den Regionalbüros stehen als Ansprechpartner vor Ort zur Verfügung. Damit trägt die Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH zur Umsetzung der energiepolitischen Ziele in Rheinland-Pfalz sowie zum Klimaschutz bei.

Die Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH wurde 2012 als Einrichtung des Landes gegründet. Sie informiert unabhängig und anbieterneutral.

Kurzvorstellung Schaumlöffel engineering

SCHAUMLÖFFEL engineering,
Fachingenieure für Energieeffizienz seit 1997
www.schaumloeffel.de

Herausgeber

Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

Redaktion

Daniela Meyer-Pyritz,
Christiane Heimerdinger,
Mareen Kilduff

Bildnachweis & Gestaltung

Energieagentur Rheinland-Pfalz

Stand: Mai 2018

Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH
Trippstadter Straße 122 | 67663 Kaiserslautern
E-Mail: info@energieagentur.rlp.de

www.energieagentur.rlp.de
 [energie_rlp](https://twitter.com/energie_rlp)  [energie.rlp](https://www.facebook.com/energie.rlp)



RheinlandPfalz

„100 Energieeffizienz-Kommunen Rheinland-Pfalz“
wird von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds
für regionale Entwicklung und dem Land Rheinland-Pfalz gefördert.

Gefördert durch



RheinlandPfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN