



ENERGIEAGENTUR
Rheinland-Pfalz



Sanierungsfahrplan

Grundschule Don Bosco in Niederkirchen
(Ergebnisbericht)



100

Energieeffizienz-Kommunen
Rheinland-Pfalz

Sanierungsfahrplan Energieagentur Rheinland-Pfalz



Der Sanierungsfahrplan wurde im Auftrag der Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH erarbeitet durch das IBL Ingenieurbüro Logé.

Inhalt

1. Einleitung	6
2. Ist-Zustand des Gebäudes	7
2.1. Grund- und Verbrauchsdaten	8
2.2. Erneuerbare Energien	8
2.3. Bisherige Sanierungen.	9
2.4. Besonderheiten des Gebäudes	9
2.5. Gebäudehülle	10
2.6. Anlagentechnik	12
3. Energetische Sanierungsmaßnahmen	14
3.1. Kellerdecke gegen unbeheizt dämmen	16
3.2. Fußboden gegen Außenluft dämmen.	16
3.3. Dachschräge neu dämmen	17
3.4. Außenwand Bestand dämmen (mit Innenhofausbau)	17
3.5. Außenwand Bestand dämmen (ohne Innenhofausbau)	18
3.6. Außenwand Anbau dämmen	18
3.7. Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus dämmen.	19
3.8. Fensteraustausch (ohne Innenhofenster)	19
3.9. Lichtkuppel neu	20
3.10. Fensteraustausch Innenhof	20
3.11. Eingangstüren Bereich Anbau erneuern	21
3.12. Fensteraustausch (nach Ablauf der Lebensdauer)	21
3.13. Erweiterung Innenhof	22
3.14. Beleuchtung austauschen	22
3.15. Elektronisch geregelte Heizungspumpe	23
3.16. Optimierung der heizungstechnischen Anlage	23
3.17. Pelletkessel mit Pufferspeicher	24
3.18. Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Pufferspeicher	24
3.19. Übernahme PV-Anlage zur Eigenstromnutzung	25
3.20. PV-Anlage neu (nach Ablauf der Lebensdauer)	25
4. Varianten	26
4.1. Variante 1: Klimaneutralität bis 2050	28
4.2. Variante 2: Kostenoptimierte Sanierung und Klimaneutralität bis 2050	30
4.3. Variante 3: Energieeffiziente Sanierung bis 2050	32
5. Lebenszykluskosten.	34
6. Verwendete Rahmenbedingungen	36
6.1. Berechnungsgrundlage	36
6.2. Kostendarstellung	36



6.3.	Argumente gegenüber der Kommunalaufsicht	37
6.4.	Querverweise auf andere Gebäude derselben Gebäudekategorie	37
7.	Fazit	38
8.	Abkürzungsverzeichnis und Glossar	39
9.	Impressum	40
9.1.	Kurzvorstellung Energieagentur Rheinland-Pfalz	40
9.2.	Kurzvorstellung IBL Ingenieurbüro Logé	40

Genderhinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter.



1. Einleitung

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

Ein erster Sanierungsfahrplan wurde bereits im Mai 2018 für eine Kita veröffentlicht: www.earlp.de/sanierungsfahrplan

Für die Grundschule Don Bosco in Niederkirchen wurde ein Sanierungsfahrplan in Form eines energetischen Sanierungskonzepts durch das IBL Ingenieurbüro Logé erarbeitet. Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

Durch die Analyse des Gebäudes werden Möglichkeiten der energetischen Sanierung 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. Bei den Empfehlungen für die baulichen Sanierungsmaßnahmen wurden die Vorgaben der Richtlinie „Energieeffizientes Bauen und Sanieren“ des Landesbetriebs LBB (Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung Rheinland-Pfalz) berücksichtigt. 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	0,24
Steildach	0,2	0,24
Kellerdecke	0,26	0,3
Fenster	1,1	1,3

Es wird ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf Q_p und ein negativer Jahres-Endenergiebedarf Q_e angestrebt, die nach den gesetzlichen Vorschriften der Energieeinsparverordnung (EnEV, DIN V 18599) berechnet werden. Die Kriterien sind angelehnt an den 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 mit der Grundstücksgrenze. Die Summe der auf dem Grundstück generierten Energie aus erneuerbaren Energiequellen ist anrechenbar.

2. Ist-Zustand des Gebäudes

Das ursprüngliche Baujahr der Grundschule ist 1966. Im Jahr 1977 wurde die bestehende Grundschule durch einen Anbau (Turnhalle) erweitert. Es handelt sich um ein freistehendes Gebäude in Stahlbetonskelettbauweise. Die beiden Riegel sind mit zwei Fluren verbunden, dadurch bildet sich ein offener Innenhof.

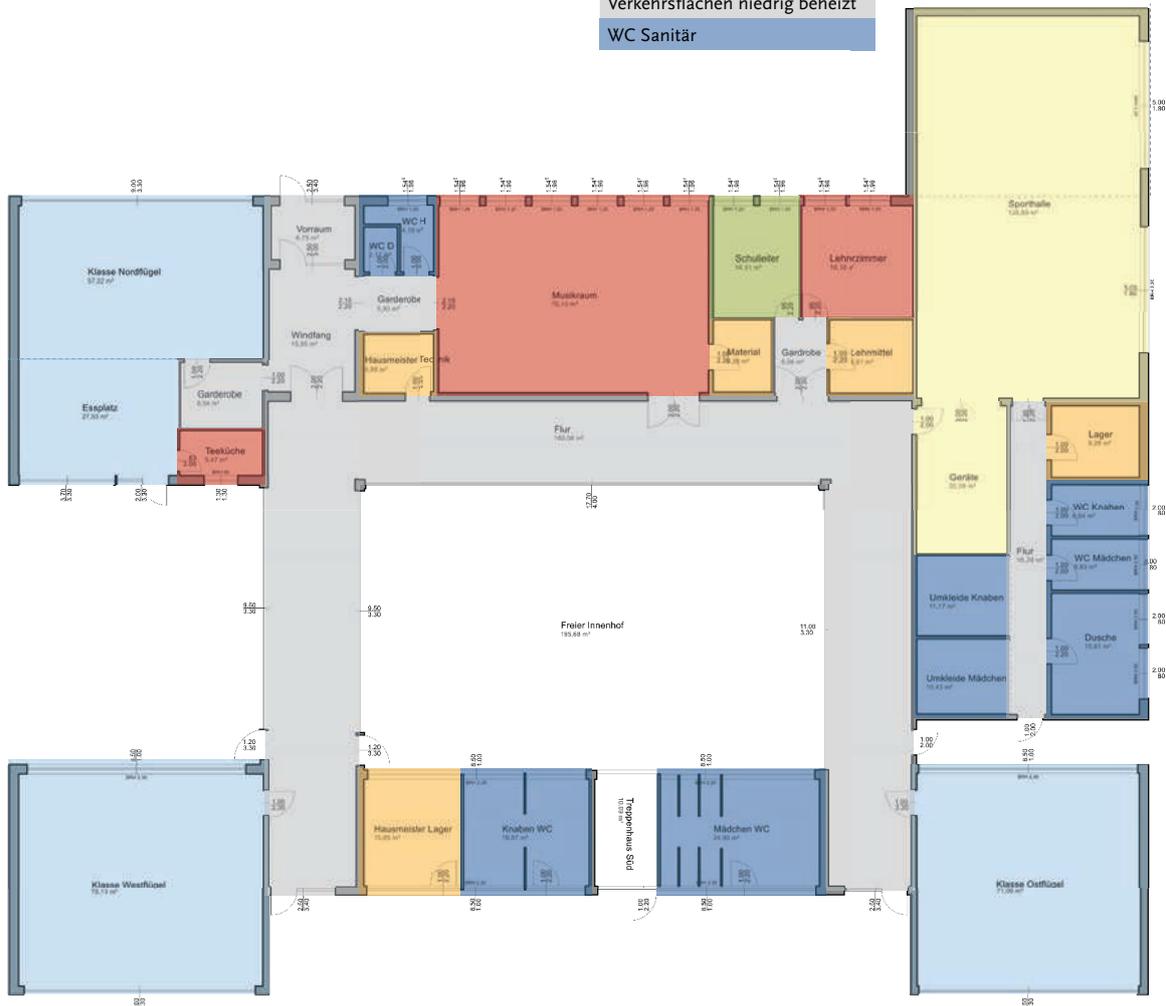
Das betrachtete Schulgebäude befindet sich energetisch in einem sanierungsbedürftigen Zustand. Dies liegt in erster Linie an den massiven Außenwänden mit schlechtem Wärmeschutz (hinterlüftete Klinkerfassade) und den noch teilweise vorhandenen originalen isolierverglasten Fenstern.

Gemäß DIN V 18599 wurde das Gebäude in Zonen gegliedert. Kriterien für die Unterteilung eines Gebäudes in einzelne Zonen sind unter anderem eine differenzierte Nutzung (z.B. Büro, Klassenzimmer), eine abweichende Konditionierung einzelner Räume (z.B. niedrig beheizte Flure) oder aber auch große Unterschiede bezüglich der jeweiligen Raumtiefe.

Sie entsprechen damit dem Stand des Baujahrs und verursachen einen entsprechend hohen Energiebedarf.

Zonierung

Büro
Klassenzimmer
Lager Technik
Sonstige Aufenthaltsräume
Sporthalle
Verkehrsflächen niedrig beheizt
WC Sanitär



2.1. Grund- und Verbrauchsdaten

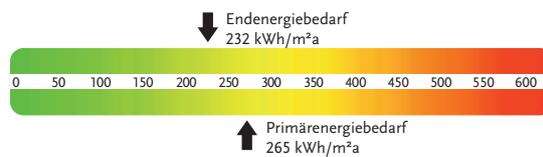
Gebäudetyp	Grundschule
Baujahr Gebäude	1966, 1977 Anbau (Turnhalle)
Baujahr Heizung	2015
Heizungsart/ Energieträger	Gas-Brennwert- heizung
Lüftung	Freie Fensterlüftung
Nettogrundfläche	1.222 m ²
Vollgeschosse	2
Keller	teilweise unterkellert

Aus der Analyse der Daten der Vor-Ort-Begehung wurde nach dem Berechnungsverfahren DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ (EnEV-Referenzklima Deutschland) ein Energiebedarf für Heizung und Strom von 283.561 kWh/a ermittelt. Dies entspricht ca. 27.000 m³ Gas pro Jahr nur für die Heizung. Dabei wird normgemäß von einer größtenteils vollständigen und gleichmäßigen Beheizung des gesamten Gebäudes ausgegangen.

Der witterungsbereinigte durchschnittliche Energieverbrauch der letzten drei Jahre für die Grundschule beträgt 267.440 kWh/a. Im Energieverbrauch werden das individuelle Nutzerverhalten und das tatsächliche Außenklima am Standort berücksichtigt. Der tatsächliche Verbrauch der letzten drei Jahre liegt ca. 5 % unter dem ermittelten Endenergiebedarf.

Vergleichswerte	Heizung [kWh/a]	Strom [kWh/a]
Realer Verbrauch*	186.300	40.000
Berechneter Bedarf	266.062	17.499

*gemittelt aus den letzten drei Jahren



Das folgende Bild zeigt den Endenergiebedarf pro Jahr für das Gebäude, bezogen auf die beheizte Nettogrundfläche und mit individuellen Randbedingungen.

2.2. Erneuerbare Energien

Auf dem Hauptdach befinden sich zwei Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) mit einer installierten Leistung von insgesamt 54,27 kW_p (Anlage 1 mit 3,42 kW_p und Anlage 2 mit 50,85 kW_p). Für beide Anlagen wurden Pachtverträge über eine Laufzeit von 20 Jahren abgeschlossen. Die Anlagen speisen den erzeugten Strom zu 100 % in das öffentliche Netz ein. Erst nach Ablauf der Vertragslaufzeiten kann die Verbandsgemeinde den erzeugten Strom aus den PV-Anlagen zur Eigennutzung verwenden.

Tipp:

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

Energieträger	Berechnung gemäß EnEV [kWh/a]
PV	51.691 (Einspeisung)

2.3. Bisherige Sanierungen

Das Hauptdach (Dachschräge) wurde im Jahr 2007 und das Flachdach des Anbaus wurde 2011 energetisch saniert. Durch diese durchgeführten Dachsanierungen konnte der sommerliche Wärmeschutz bereits verbessert werden.

Ein Teil der Südfassade (Pfosten-Riegel) wurde 2009 nachträglich mit einem Wärmedämmverbundsystem gedämmt.

Der Heizkessel wurde im Jahr 2015 als Gas-Brennwertheizung erneuert und die Leitungen (Heizungen und Warmwasser) gedämmt.

Ein Teil der Fenster wurde im Rahmen der Dämmung der Pfosten-Riegel-Fassade erneuert.

Zwei Klassenräume wurden bereits auf LED umgerüstet, die restliche Beleuchtung aus den 1990er Jahren sind Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten.

2.4. Besonderheiten des Gebäudes

Durch die Gebäudegeometrie besteht die Möglichkeit, den Innenhof als zusätzlich beheizten Raum auszubauen und zu nutzen.





2.5. Gebäudehülle

Fenster / Türen

- 1 Kunststofffenster** (2009)
U-Wert: 1,3 W/m²K
Baulicher Zustand: gut
- 2 Holzfenster** 2-fach Verglasung Bestand 1966
U-Wert: 3,5 W/m²K
Baulicher Zustand: Lebensdauer erreicht
- 3 Alufenster** Verglasung
U-Wert: 4,3 W/m²K
Baulicher Zustand: Lebensdauer erreicht
- 4 Holzfenster** 1-fach Verglasung
U-Wert: 5,0 W/m²K
Baulicher Zustand: Lebensdauer erreicht
- 5 Fenster Innenhof**
U-Wert: 3,0 W/m²K
Baulicher Zustand: sanierungsbedürftig
- 6 Fenster Flur**
U-Wert: 3,0 W/m²K
Baulicher Zustand: Lebensdauer erreicht
- 7 Eingangstüren**
U-Werte: 5,0 W/m²K, 1,1 W/m²K
und 1,3 W/m²K
Baulicher Zustand: sanierungsbedürftig bzw. neuwertig
- Sonnenschutz** außenliegende Rollos (Südseite)
- 8 Lichtkuppel**
U-Wert: 3,2 W/m²K
Baulicher Zustand: Lebensdauer erreicht

Außenwand

- Außenwand Bestand** (1966) zweischaliges, hinterlüftetes Ziegelvormauerwerk
- U-Wert: 1,45 W/m²K
- Baulicher Zustand: gut



Außenwand Anbau

(1977)

24 cm Kalksandstein,
Eternitverkleidung, hinterlüftet

U-Wert:

1,05 W/m²K

Baulicher Zustand:

gut

Außenwand Süd

(2009)

nachträglich gedämmt mit
14 cm Mineralwolle

U-Wert:

0,22 W/m²K

Baulicher Zustand:

gut

Wand Treppenhaus

(unbeheiztes)

24 cm Kalksandstein, verputzt

U-Wert:

1,61 W/m²K

Baulicher Zustand:

gut

Wand Innenhof

(gegen Außenluft)

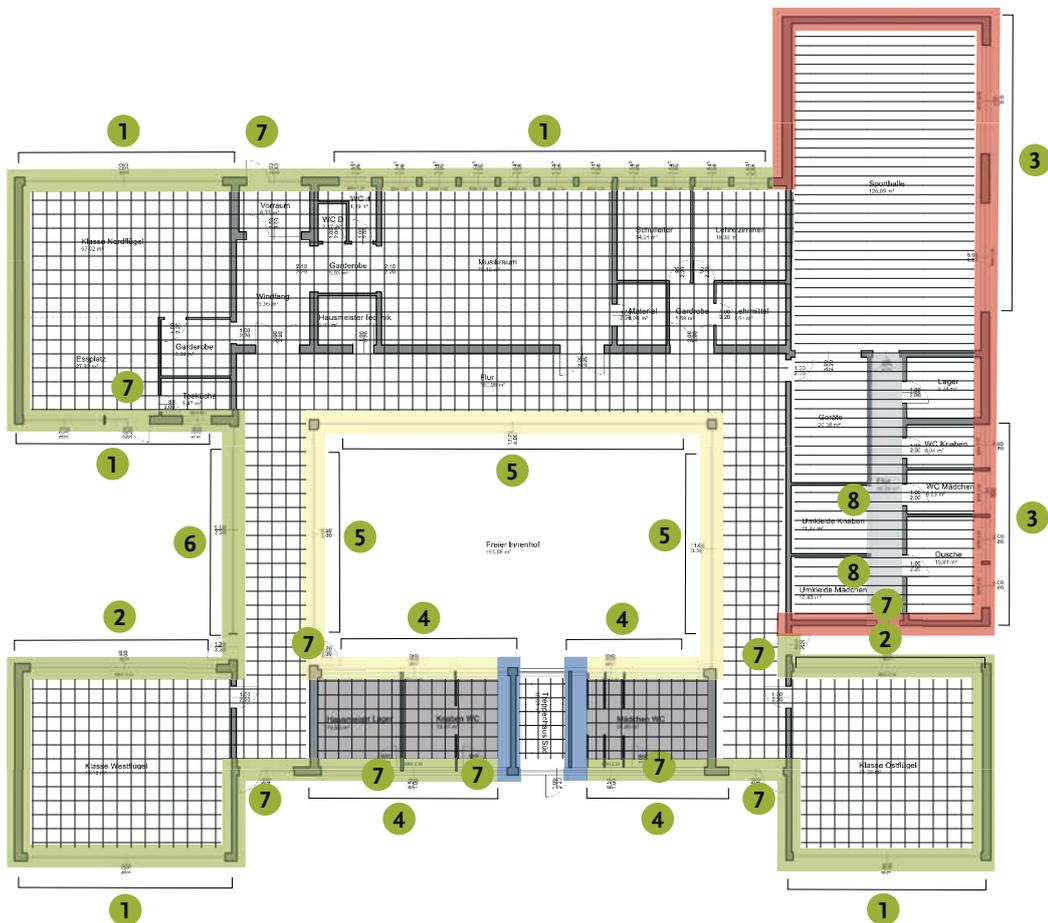
24 cm Kalksandstein

U-Wert:

1,88 W/m²K

Baulicher Zustand:

gut





Dach

Dachschräge Hauptdach

(Sanierung 2007): PUR-Sandwichplatten
(Roma-Dämmpaneel D82 St)
U-Wert: 0,22 W/m²K
Baulicher Zustand: gut

Flachdach

(Sanierung 2011): Betondach mit 120 mm
PUR-Dämmung
U-Wert: 0,19 W/m²K
Baulicher Zustand: gut

Bodenplatte



Fußboden

gegen Erdreich Bestand Stahlbetondecke Bestand 1966
U-Wert: 1,25 W/m²K
Baulicher Zustand: gut

Fußboden gegen Außenluft Bestand Betondecke mit Holzverkleidung
U-Wert: 1,89 W/m²K
Baulicher Zustand: gut



Fußboden gegen Erdreich

Stahlbetondecke
U-Wert: 0,99 W/m²K
Baulicher Zustand: gut



Fußboden gegen unbeheizt:

Stahlbetonrippendecke System Koenen
U-Wert: 1,03 W/m²K
Baulicher Zustand: gut

2.6. Anlagentechnik



Heizung

Gas-Brennwertkessel 115 kW, Baujahr 2015
Rohrleitungen: außerhalb und innerhalb thermischer Hülle: gedämmt
Baulicher Zustand: gut



Warmwasser

Elektro-Boiler Dezentral, Warmwasserspeicher
5 Liter (verteilt auf 1 | Kleinspeicher)

Baulicher Zustand: gut



Photovoltaik (PV)

Oberfläche der Module 388 m², Ausrichtung Süd,
auf das Dach aufgesetzt

Peakleistung: 54,27 kW_p



Lüftungsanlage

Nicht vorhanden



Beleuchtung

Leuchtstoffröhren T8 58 W mit konventionellen
Vorschaltgeräten (größtenteils aus
den 1990iger Jahren)

LED: nur 2 Räume

Regelung: keine Präsenzmelder oder
tageslichtabhängige Regelung

3. Energetische Sanierungsmaßnahmen

Bewertung des Gebäudes

Der Primärenergiebedarf des untersuchten Gebäudes im Ist-Zustand beträgt 265 kWh/m²a. Dies entspricht mehr als dem Doppelten eines vergleichbaren Neubaus. Für einen Neubau liegen die Vergleichswerte für den maximal zulässigen Primärenergiebedarf Q_p eines Gebäudes gleicher Kubatur bei 115 kWh/m²a.

Energetische Verluste gesamt

Insgesamt gesehen betragen die Transmissionswärmeverluste (Verluste über Gebäudehülle) rund 65 % der Gesamtverlustmenge beim betrachteten Gebäude. Dies ist für ein Gebäude dieser Kategorie und dieses Baualters nicht unüblich. Die Verteilung der Wärmeverluste ist aus der unteren Grafik ersichtlich.

Empfohlene Vorgehensweise

Das größte Einsparpotential liegt bei der Sanierung der Außenwände sowie dem Austausch der noch vorhandenen alten Fenster/Türelemente. Es ist daher sinnvoll, primär diese Verluste durch geeignete Dämmmaßnahmen zu verringern. Anschließend sollte erst die Anlagentechnik optimiert werden, möglichst unter Berücksichtigung des Einsatzes regenerativer Energieträger. Denn dann ist der

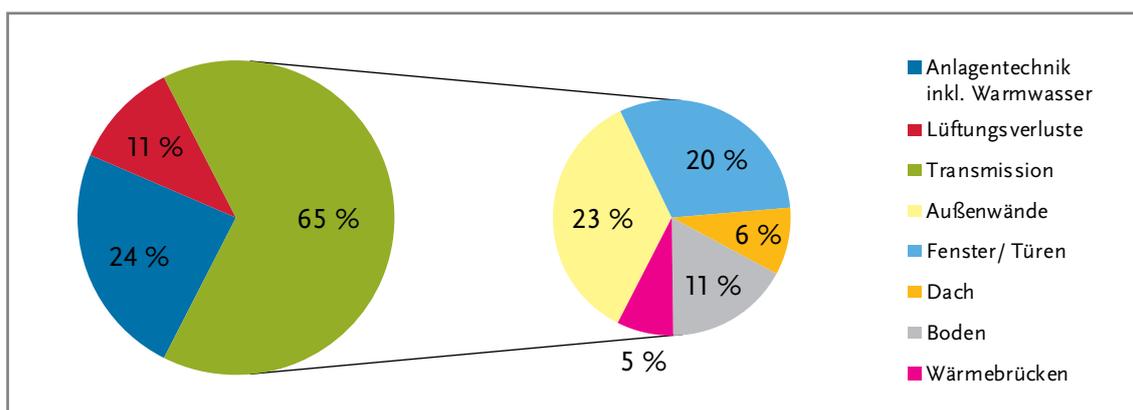
Wärmebedarf, den Heizung und Warmwasser abdecken müssen, geringer.

Untersuchungen im Vorfeld

Es wurde im Vorfeld der mögliche Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung untersucht. Der Einbau einer zentralen Lüftungsanlage in ein bestehendes Gebäude wäre mit viel Aufwand und hohen Kosten verbunden. Zudem sind die Brandschutzanforderungen einzuhalten. Auch beim Einsatz von dezentralen Lüftern mit Wärmerückgewinnung, speziell in den Klassenräumen und im Musikraum, steht die erzielte Endenergieeinsparung in keinem Verhältnis zu den erforderlichen Investitionskosten. Jedoch kann durch den Einsatz von Lüftungsanlagen das Wohlbefinden und die Konzentrationsfähigkeit der Schüler verbessert werden. Diese Aspekte lassen sich nicht monetär aufwiegen.

Insbesondere die Lüftungsproblematik sollte bei Schulen besondere Beachtung finden. Eine ausreichende Versorgung mit frischer Luft ist essentiell notwendig für einen guten Lernerfolg. Studien haben bewiesen, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der Frischluftversorgung (Sauerstoff- vs. Schadstoffgehalt) und Lernleistung besteht.

Energetische Verluste des Gebäudes





Da Schulräume während der Nutzung sehr intensiv belegt sind und während der Nichtnutzungszeit komplett leer stehen, bietet sich eine nutzungsabhängige Steuerung der Belüftung an. Das normalerweise vorherrschende manuelle System – freie Lüftung über die Fenster – reicht bei modernen oder gut sanierten Gebäuden heute nicht mehr aus. Eine Stoßlüftung beschränkt sich auf die Pausenzeiten, was den Ansprüchen an den Sauerstoffhaushalt nicht mehr genügt. Bei freier Lüftung sollten alle Fenster zwei Mal je Stunde für drei Minuten voll geöffnet werden. Generell sind mechanische Lüftungseinrichtungen zu bevorzugen. Die nutzungsabhängige Steuerung kann auf den Regelgrößen CO₂-Gehalt, Feuchtigkeit oder einer Kombination davon basieren. Bei manueller Steuerung (freie Fensterlüftung) kann eine „Ampel“ die Notwendigkeit des Lüftens anzeigen, ein Verantwortlicher öffnet dann die Fenster.

Besser – aber aufwändiger – ist eine kontrollierte mechanische Lüftungsanlage. Sie kann in Kombination mit der genannten Regelung für den optimalen Luftaustausch sorgen; es wird nicht zu viel und nicht zu wenig gelüftet. Während im Neubau zentrale Anlagen (mit Lüftungskanälen) mit effizienter Wärmerückgewinnung zum Einsatz kommen, bieten sich im Bestand eher dezentrale, im Bereich der Fenster angeordnete Lüftungen an. Diese können auch mit Wärmerückgewinnung ausgestattet sein und den Luftstrom für eine optimale Durchströmung der Räume untereinander koordinieren. Im Vorfeld wurde auch die Möglichkeit einer Komplettsanierung des gesamten Fußbodens im Erdgeschoss im Zuge eines Innenhofausbaus näher untersucht. Die erforderlichen Kosten für eine energetische Sanierung des gesamten Fußbodens stehen in keinem Verhält-

nis zu der erzielbaren Endenergieeinsparung (zusätzlich ca. 1 %).

Im Rahmen der Energieberatung wurde auch ein möglicher Ausbau des Innenhofs untersucht. Hierbei soll der energetische Einfluss und die Wirtschaftlichkeit auf eine vollständige Schließung des noch offenen Innenhofs als Maßnahme berücksichtigt werden (siehe Varianten 1 und 3).

Tipp:

Weitere Informationen zum Thema Lüften in Bildungseinrichtungen in der Broschüre „Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden“, kostenloser Download unter www.earlp.de/uba

Berechnungsansatz

Viele energetische Sanierungsmaßnahmen sind wirtschaftlich, da die Bauteile am Ende der Lebensdauer sind. Die Bauteile müssten sowieso und nach aktuellem Stand der Technik erneuert werden. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden bei den sanierungsbedürftigen Bauteilen nur die Mehrkosten (z.B. der Dämmung) eingebracht. Dies bedeutet auch umgekehrt: wenn ein Bauteil seine Lebensdauer erreicht hat und instand gesetzt werden muss, wird eine Amortisationszeit von „0“ bzw. „einem Jahr“ angesetzt.

Aus der Analyse der einzelnen Bauteile sowie der Heizungs- und Warmwasseranlage wurden die folgenden Sanierungsmaßnahmen abgeleitet und deren Wirtschaftlichkeit (ohne Förderung) berechnet:

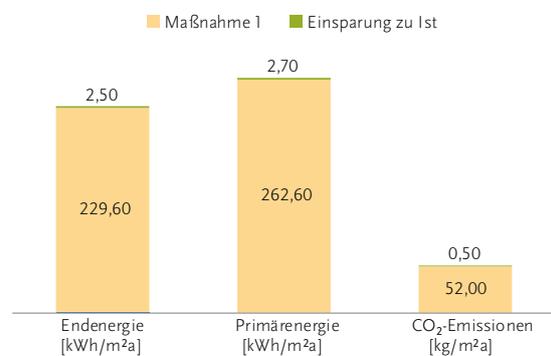
3.1. Kellerdecke gegen unbeheizt dämmen



Um den Energiebedarf zu senken, können auf der Unterseite ebener Kellerdecken Dämmplatten angebracht werden. Vorgesehen sind 14 cm mit WLG 035. Es eignen sich konfektionierte Dämmfasermatten, Mineralwoll-Lamellenplatten zum Andübeln und Hartschaumplatten mit Stufenfalz zum vollflächigen Ankleben. Hohlstellen zwischen Installationen und dergleichen müssen mit losem Dämmstoff ausgefüllt werden. An der Decke verlegte Rohre sind grundsätzlich mit zu integrieren und machen einen erheblichen Teil des Aufwandes aus. Dämmstreifen von ca. 20 cm Breite an den umlaufenden Wänden vermeiden Wärmebrücken. Das Raumklima wird durch den wärmeren Fußboden erheblich verbessert.

Hohlstellen zwischen Installationen und dergleichen müssen mit losem Dämmstoff ausgefüllt werden. An der Decke verlegte Rohre sind grundsätzlich mit zu integrieren und machen einen erheblichen Teil des Aufwandes aus. Dämmstreifen von ca. 20 cm Breite an den umlaufenden Wänden vermeiden Wärmebrücken. Das Raumklima wird durch den wärmeren Fußboden erheblich verbessert.

Investitionskosten	4.556 €
Energiebedingte Mehrkosten	4.556 €
Einsparung Kosten	191 €/a
Amortisationszeit	24 Jahre
Kapitalwert	4.946 €
Lebensdauer Bauteil	40 Jahre



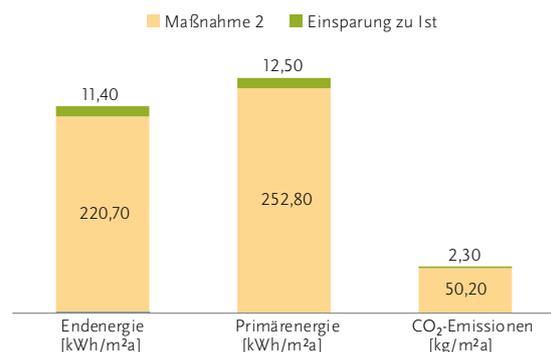
3.2. Fußboden gegen Außenluft dämmen



Die nachträgliche Außendämmung eines Fußbodens, der nach unten an Außenluft grenzt (Auskragung des Obergeschosses an der Südseite), ist hier baulich gut umzusetzen. Ein entsprechender Anschluss an die vorhandene Außendämmung wurde bereits bei der Umsetzung der Dämmung der Südfassade vorgesehen. Es wurden 16 cm mit WLG 035 eingerechnet. Die Geschosshöhe ist ausreichend, so dass eine zusätzliche Dämmung die Nutzung nicht beeinträchtigt.

Die nachträgliche Außendämmung eines Fußbodens, der nach unten an Außenluft grenzt (Auskragung des Obergeschosses an der Südseite), ist hier baulich gut umzusetzen. Ein entsprechender Anschluss an die vorhandene Außendämmung wurde bereits bei der Umsetzung der Dämmung der Südfassade vorgesehen. Es wurden 16 cm mit WLG 035 eingerechnet. Die Geschosshöhe ist ausreichend, so dass eine zusätzliche Dämmung die Nutzung nicht beeinträchtigt.

Investitionskosten	11.710 €
Energiebedingte Mehrkosten	11.710 €
Einsparung Kosten	878 €/a
Amortisationszeit	13 Jahre
Kapitalwert	48.745 €
Lebensdauer Bauteil	40 Jahre



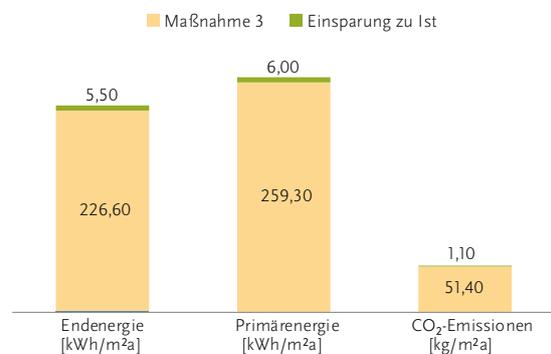
3.3. Dachschräge neu dämmen



Aufgrund des Baualters bietet sich eine Sanierung vor der Installation einer neuen PV-Anlage an. Es wird eine ca. 27 cm dicke Zwischensparrendämmung mit losem Einblasdämmstoff in WLG 040 empfohlen. Dämmstoffe mit einer vergleichsweise

größeren Wärmespeicherkapazität wie z.B. Zelluloseflocken bieten gegenüber Mineral- und Steinwolle einen besseren sommerlichen Wärmeschutz und eignen sich daher vorzugsweise für voll genutzte Dachräume. Warme, feuchte Luft aus dem Gebäudeinneren wird während der Heizperiode durch eine Dampfsperre davon abgehalten, in die Dachkonstruktion einzudringen. Die Dampfsperre muss daher auf der Innenseite der Dämmung angeordnet werden.

Investitionskosten	269.655 €
Energiebedingte Mehrkosten	keine
Einsparung Kosten	423 €/a
Amortisationszeit	1 Jahr
Kapitalwert	40.671 €
Lebensdauer Bauteil	50 Jahre



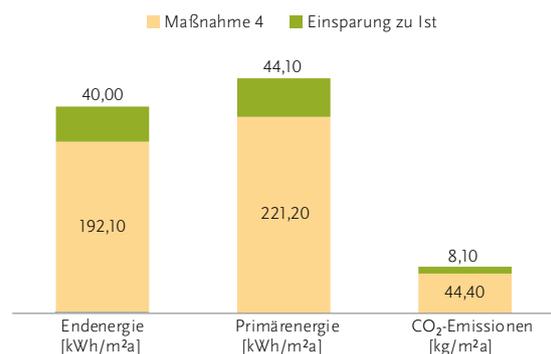
3.4. Außenwand Bestand dämmen (mit Innenhofausbau)



Die vorhandene hinterlüftete Außenwand hat eine Vorhangfassade aus Ziegelmauerwerk bzw. teilweise Eternitplatten. Der Zwischenraum sollte mit 16 cm in WLG 035 gedämmt werden, z.B. bei dem Ziegelmauerwerk mit einer Einblasdämmung. Das Ziegelmauerwerk ist in einem guten Zustand. Die Eternitverkleidung ist bei einer Dämmung zu entfernen und fachgerecht zu entsorgen. Im Anschluss wird die Dämmung aufgebracht und mit einem Armierungsgewebe und Fassadenputz versehen. Der Dämmstoff kann aus Hartschaum, Holzfasernplatten oder Mineralfaserplatten bestehen.

Das Ziegelmauerwerk ist in einem guten Zustand. Die Eternitverkleidung ist bei einer Dämmung zu entfernen und fachgerecht zu entsorgen. Im Anschluss wird die Dämmung aufgebracht und mit einem Armierungsgewebe und Fassadenputz versehen. Der Dämmstoff kann aus Hartschaum, Holzfasernplatten oder Mineralfaserplatten bestehen.

Investitionskosten	87.442 €
Energiebedingte Mehrkosten	87.442 €
Einsparung Kosten	3.085 €/a
Amortisationszeit	28 Jahre
Kapitalwert	247.919 €
Lebensdauer Bauteil	50 Jahre



3.5. Außenwand Bestand dämmen (ohne Innenhofausbau)

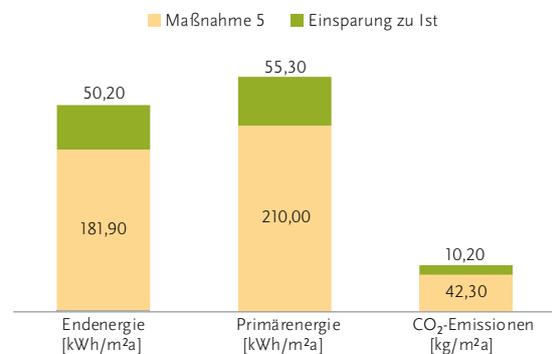


Inhaltlich identisch zu vorheriger Maßnahme, die Flächen sind jedoch aufgrund des Innenhofausbaus unterschiedlich. Die Wandfläche zum Innenhof ist zusätzlich mit 16 cm in WLG 035 zu dämmen. Bei einem Innenhofausbau

entfallen die Wandflächen, da sie nicht mehr benötigt werden bzw. spielen energetisch keine Rolle, da sie sich dann in der thermischen Hüllfläche befinden.

Die Wandfläche ist mit Eternitplatten verkleidet. Hierbei ist der Asbestgehalt zu überprüfen und eine fachgerechte Entsorgung durchzuführen.

Investitionskosten	114.718 €
Energiebedingte Mehrkosten	114.718 €
Einsparung Kosten	3.868 €/a
Amortisationszeit	30 Jahre
Kapitalwert	307.387 €
Lebensdauer Bauteil	50 Jahre



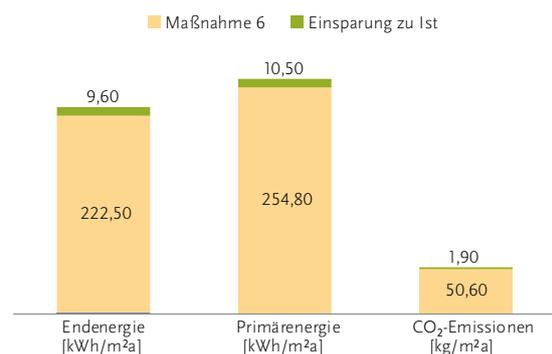
3.6. Außenwand Anbau dämmen



Die Außenwand des Anbaus von 1977 (Turnhalle) aus Kalkzementstein wird mit 16 cm Dämmung WLG 035 gedämmt. Hierzu wird auf dem Außenmauerwerk bzw. dem Putz (bei gutem Zustand und Tragfähigkeit) das Wärmedämmverbundsystem aufgebracht. Der Dämmstoff kann aus Hartschaum, Holzweichfaserplatten oder Mineralfaserplatten bestehen. Diese werden abschließend verputzt. Teilweise sind die Außenwände für ein einheitliches Bild verkleidet. Bei den hinterlüfteten Außenwänden mit Ziegelmauerwerk bzw. Eternitplatten ist eine Zwischenraumdämmung bzw. Entfernung der Vorhangsfassade sinnvoll.

Der Dämmstoff kann aus Hartschaum, Holzweichfaserplatten oder Mineralfaserplatten bestehen. Diese werden abschließend verputzt. Teilweise sind die Außenwände für ein einheitliches Bild verkleidet. Bei den hinterlüfteten Außenwänden mit Ziegelmauerwerk bzw. Eternitplatten ist eine Zwischenraumdämmung bzw. Entfernung der Vorhangsfassade sinnvoll.

Investitionskosten	33.788 €
Energiebedingte Mehrkosten	33.788 €
Einsparung Kosten	736 €/a
Amortisationszeit	46 Jahre
Kapitalwert	41.511 €
Lebensdauer Bauteil	50 Jahre



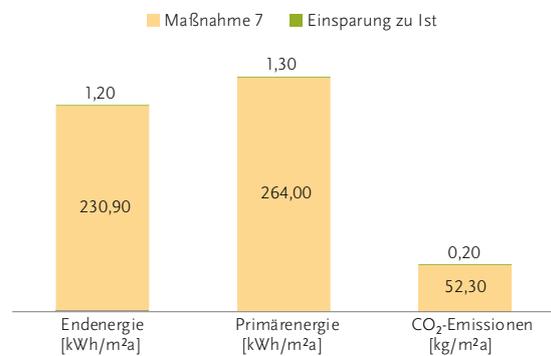
3.7. Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus dämmen



Das unbeheizte Treppenhaus führt im Sanitärtrakt auf der Südseite vom Schulhof in den ehemaligen Werkraum bzw. Heizungskeller. Die Wand, die das unbeheizte Treppenhaus gegen die beheizten Räume abgrenzt,

soll auf der Kaltseite gedämmt werden. Es wurde 12 cm Mineralwolle mit WLG 035 vorgesehen. Die Montage sollte in versetzten Lagen oder mit Stufenfalzplatten erfolgen. Lufträume zwischen Dämmung und der Wand sind zu vermeiden, ggf. ist der Untergrund vorzubereiten.

Investitionskosten	2.915 €
Energiebedingte Mehrkosten	2.915 €
Einsparung Kosten	92 €/a
Amortisationszeit	32 Jahre
Kapitalwert	1.179 €
Lebensdauer Bauteil	50 Jahre



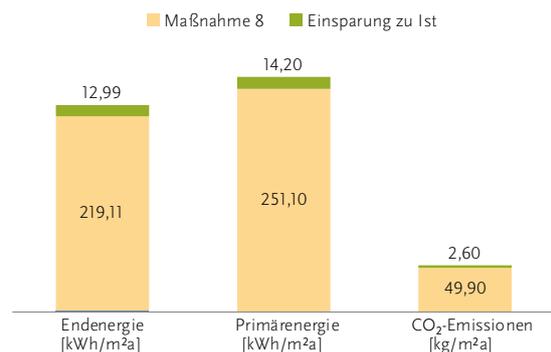
3.8. Fensteraustausch (ohne Innenhoffenster)



Die Fenster u.a. im Anbau und die noch nicht getauschten Klassenzimmerfenster mit einem derzeitigen Uw-Wert von $\geq 3,0$ kWh/m²a sollen ersetzt werden. Die neuen Fenster haben einen Uw-Wert von 0,95 kWh/m²a. Die vorhandenen Fenster sind aus dem Baujahr 1966 und weisen teilweise Undichtigkeiten auf.

Es bietet sich ein Fensteraustausch im Rahmen der Außendämmung der Wände an, um die Fensteranschlüsse bzgl. Wärmebrücken zu optimieren. Andernfalls wäre darauf zu achten, dass der Uw-Wert der neuen Fenster größer sein sollte als der U-Wert der zugehörigen Außenwand.

Investitionskosten	61.284 €
Energiebedingte Mehrkosten	keine
Einsparung Kosten	983 €/a
Amortisationszeit	> 25 Jahre
Kapitalwert	50.865 €
Lebensdauer Bauteil	25 Jahre



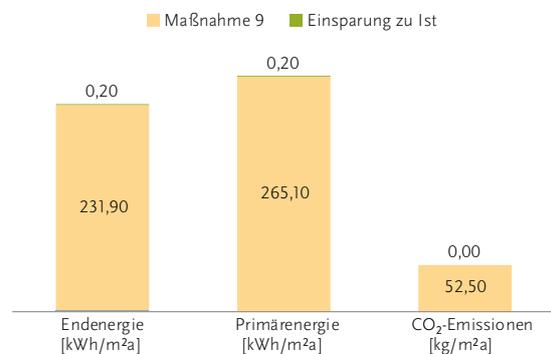
3.9. Lichtkuppel neu



Die alten Lichtkuppeln im Sanitäranbau der Turnhalle sollen ausgetauscht werden. Beim Einbau muss die Position der luftdichten Ebene ebenso wie die Position der wasserführenden Schicht und der Anschluss an die Dach-Windfolie beachtet werden.

Bei der Auswahl der neuen Lichtkuppeln ist auf einen geringen g-Wert (unterhalb von 0,4 = Sonnenschutzverglasung) zu achten.

Investitionskosten	3.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	3.000 €
Einsparung Kosten	15 €/a
Amortisationszeit	> 25 Jahre
Kapitalwert	-5.146 €
Lebensdauer Bauteil	25 Jahre



3.10. Fensteraustausch Innenhof



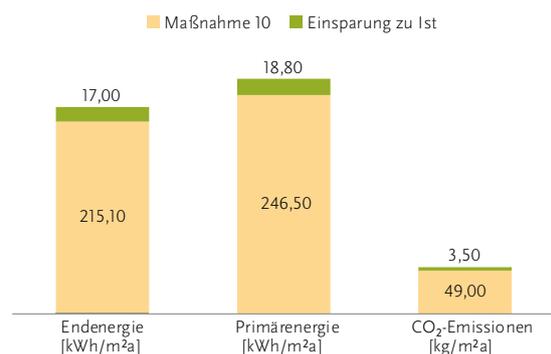
(Variante 2) Diese Maßnahme wird nur in der Variante 2 (ohne Innenhofausbau) empfohlen, in Varianten 1 und 3 fallen die Fenster durch den Innenhofausbau weg.

Die Fenster zum Innenhof weisen teilweise starke Korrosionen auf, da es an den Metall-Fensterrahmen zu Tauwasseranfall kommt. Diese Wärmebrücke kann durch den Einbau neuer Fenster reduziert werden. Eine Außendämmung der Fassade unterstützt dies.

Die Fenster zum Innenhof weisen teilweise starke Korrosionen auf, da es an den Metall-Fensterrahmen zu Tauwasseranfall kommt. Diese Wärmebrücke kann durch den Einbau neuer Fenster reduziert werden. Eine Außendämmung der Fassade unterstützt dies.

Aufgrund des baulichen Zustands ist der Austausch notwendig (Ende der Lebensdauer).

Investitionskosten	136.569 €
Energiebedingte Mehrkosten	keine
Einsparung Kosten	1.311 €/a
Amortisationszeit	1 Jahr
Kapitalwert	44.454 €
Lebensdauer Bauteil	25 Jahre



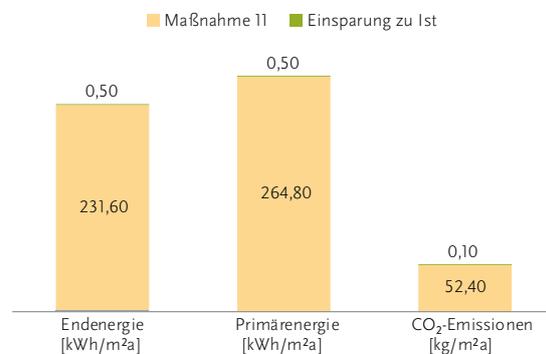
3.11. Eingangstüren Bereich Anbau erneuern



Die vorhandenen Eingangstüren sind aus dem Baujahr 1966 und weisen hohe Undichtigkeiten auf, zudem sind die Metalltüren unge-dämmt.

Es wird empfohlen, eine Außentür mit gedämmtem Kern, umlaufender Türdichtung und automatisch absenkender Bodendichtung einzusetzen. Bei einer Außendämmung sollte der Blendrahmen weitestmöglich gedämmt werden.

Investitionskosten	6.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	keine
Einsparung Kosten	36 €/a
Amortisationszeit	1 Jahr
Kapitalwert	1.862 €
Lebensdauer Bauteil	40 Jahre



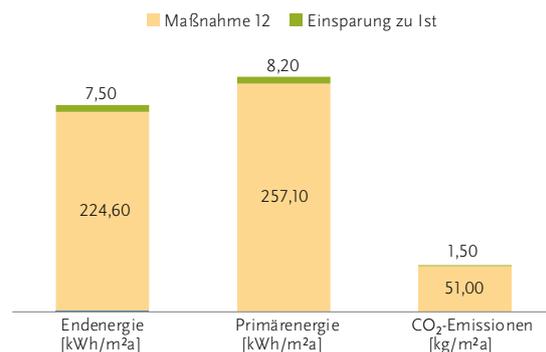
3.12. Fensteraustausch (nach Ablauf der Lebensdauer)



Nach Ablauf der Lebensdauer weisen die Fenster in der Regel Undichtigkeiten auf. Sie sollten dann durch neue Fenster mit gedämmtem Rahmen ersetzt werden. Eine Integration in die Außenwanddämmung ist sinnvoll. Hierbei ist

auch die Luftdichtigkeit der Rahmenanschlüsse zur Außenwand zu beachten.

Investitionskosten	139.608 €
Energiebedingte Mehrkosten	keine
Einsparung Kosten	560 €/a
Amortisationszeit	1 Jahr
Kapitalwert	17.440 €
Lebensdauer Bauteil	25 Jahre



3.13. Erweiterung Innenhof



(Varianten 1+3) Der offene Außenbereich im Innenhof wird im Zuge einer Erweiterung erschlossen. Dabei werden ein neuer Fußboden gemäß EnEV-Anforderungen und ein neues Dach mit besseren energetischen Anforderungen als die EnEV verbaut. Im Zuge des Innenhofausbaus werden die Türen an der Südseite im Bereich des Lagers und der WCs durch neues Mauerwerk ersetzt. Es wird einen neuen Zugang für das Lager und die WCs über den dann ausgebauten Innenhof geben. Die bisherige Verglasung zum Innenhof sowie die Wände werden entfernt bzw. ggf. durch neue Wände ersetzt, wenn ein abgetrennter Raum erstellt werden soll.

Die bisherige Verglasung zum Innenhof sowie die Wände werden entfernt bzw. ggf. durch neue Wände ersetzt, wenn ein abgetrennter Raum erstellt werden soll.

Investition (Neubau/Erweiterung)	438.000 €
----------------------------------	-----------

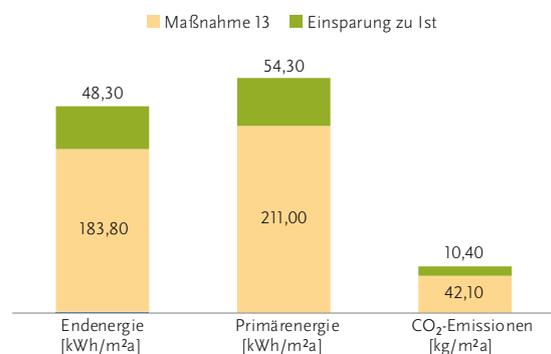
Einsparung Kosten	1.359 €/a
-------------------	-----------

Amortisationszeit	> 50 Jahr
-------------------	-----------

Kapitalwert	-165.081 €
-------------	------------

Lebensdauer Bauteil	50 Jahre
---------------------	----------

Durch den Nutzflächengewinn ergibt sich ein theoretischer geldwerter Vorteil (siehe 5. Lebenszykluskosten).



3.14. Beleuchtung austauschen



Die Beleuchtung stammt größtenteils aus den 1990er Jahren. Nur im Musikraum und in einem Klassenzimmer kommt bereits eine effiziente LED-Beleuchtung zum Einsatz. Alle anderen Räumlichkeiten werden überwiegend mit Leuchtstoffröhren T8 58 Watt mit konventionellem Vorschaltgerät beleuchtet. Die noch vorhandenen Leuchtstoffröhren werden durch effiziente LED-Beleuchtung mit integriertem Vorschaltgerät ausgetauscht. Die Maßnahme sollte zeitnah umgesetzt werden.

Die noch vorhandenen Leuchtstoffröhren werden durch effiziente LED-Beleuchtung mit integriertem Vorschaltgerät ausgetauscht. Die Maßnahme sollte zeitnah umgesetzt werden.

Investitionskosten	22.875 €
--------------------	----------

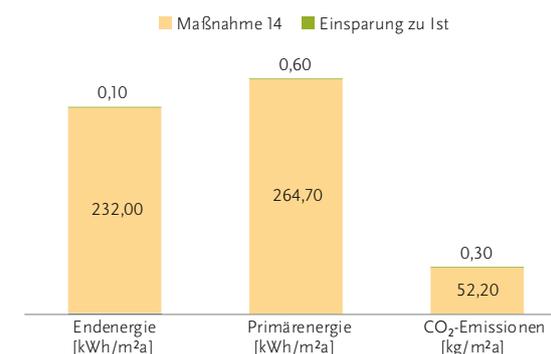
Energiebedingte Mehrkosten	keine
----------------------------	-------

Einsparung Kosten	202 €/a
-------------------	---------

Amortisationszeit	1 Jahr
-------------------	--------

Kapitalwert	1.295 €
-------------	---------

Lebensdauer Bauteil	10 Jahre
---------------------	----------



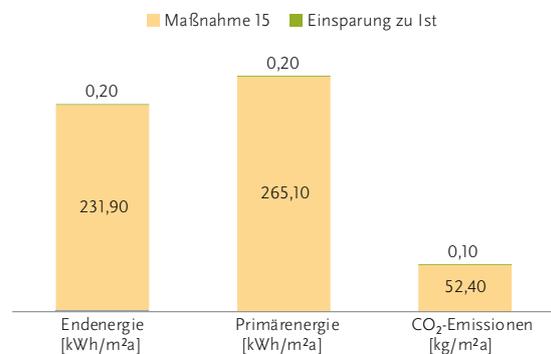
3.15. Elektronisch geregelte Heizungspumpe



Der Austausch der noch vorhandenen stufenge-regelten Umwälzpum-pen im Lagerbereich der Turnhalle bietet sich im Rahmen der Heizungs-erneuerung an. Es sollte eine elektronisch gere-gelte Pumpe mit gering-er Leistungsaufnahme montiert werden

Da es sich hier nur um einen Heizkreis mit einer Pumpe handelt und eine gering zu versorgende Fläche (Anbau Turnhalle), sind die Energieeinsparungen marginal.

Investitionskosten	800 €
Energiebedingte Mehrkosten	800 €
Einsparung Kosten	50 €/a
Amortisationszeit	16 Jahre
Kapitalwert	-1.417 €
Lebensdauer Bauteil	15 Jahre



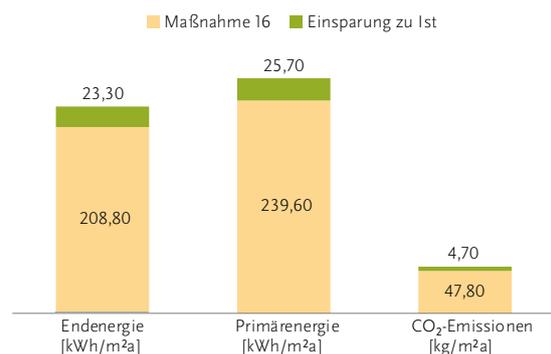
3.16. Optimierung der heizungstechnischen Anlage



Durch eine energetische Sanierung der Heizung inklusive der Wärmeübertrager (Heizkörper) und eine Durchführung eines hydraulischen Abgleichs kann die Regelung und Steuerung der Heizung optimiert werden. Die Gebäude-

hülle muss entsprechend energetisch saniert werden. Die Heizkörper können mit geringerer Vor- und Rücklauftemperatur (55°C Vorlauf, 45°C Rücklauf) als im Ist-Zustand (70°C Vorlauf, 50°C Rücklauf) betrieben werden, wodurch zu heiße Temperaturen an den Heizkörpern vermieden werden. Die Kosten für einen hydraulischen Abgleich werden auf 5.000 Euro sowie für neue Heizkörper und neue Thermostatventile auf 10.000 Euro geschätzt.

Investitionskosten	15.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	15.000 €
Einsparung Kosten	1.797 €/a
Amortisationszeit	8 Jahre
Kapitalwert	65.925 €
Lebensdauer Bauteil	30 Jahre



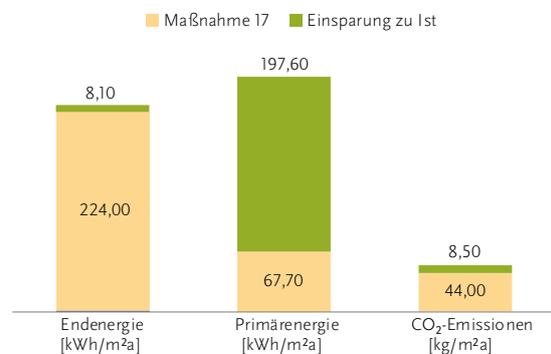
3.17. Pelletkessel mit Pufferspeicher



(Variante 1 + 2) Es ist ein Pellet-Brennwertkessel eingerechnet, der sich für den Kombibetrieb (Heizung und Warmwasser) eignet. Die Bestückung erfolgt automatisch mit Holz-Pellets (CO₂-neutral weil regenerativ) aus einem Pelletlager. Lagermöglichkeit ist vorhanden. Der Einsatz eines Pufferspeichers ermöglicht die Wärme zwischen zu speichern und bei Bedarf wieder in die Heizungsanlage einzuspeisen. Dies erhöht nicht nur den Komfort der Anlage, sondern lässt auch eine besonders effiziente Energieausnutzung zu. Ein 1.000 Liter Speicher ist mit 2.000 Euro kalkuliert.

Lagermöglichkeit ist vorhanden. Der Einsatz eines Pufferspeichers ermöglicht die Wärme zwischen zu speichern und bei Bedarf wieder in die Heizungsanlage einzuspeisen. Dies erhöht nicht nur den Komfort der Anlage, sondern lässt auch eine besonders effiziente Energieausnutzung zu. Ein 1.000 Liter Speicher ist mit 2.000 Euro kalkuliert.

Investitionskosten	52.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	37.000 €
Einsparung Kosten	4.254 €/a
Amortisationszeit	12 Jahre
Kapitalwert	58.824 €
Lebensdauer Bauteil	20 Jahre



3.18. Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Pufferspeicher

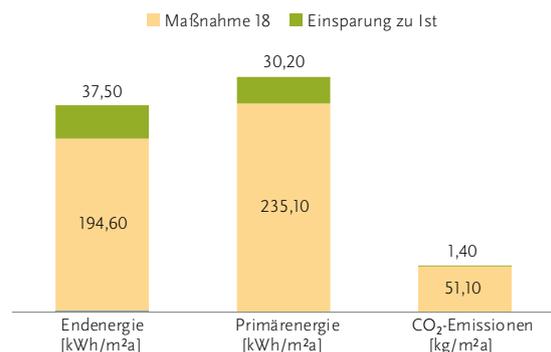


(Variante 3) Eine Wärmepumpe entzieht der Umwelt (hier: Außenluft) Wärme, komprimiert sie unter Druck in einem Verdampfer-Verflüssiger-Kreislauf (umgekehrtes Kältschrank-Prinzip) und führt sie der Heizung und Brauchwassererwärmung zu. Bei der Luft/Wasser-Wärmepumpe sind erhebliche Luftmengen als Austauschmedium erforderlich.

Bei der Luft/Wasser-Wärmepumpe sind erhebliche Luftmengen als Austauschmedium erforderlich.

Die Wärmepumpe wird für die Grundlast als bivalentes System neben dem vorhandenen Gas-Brennwertkessel (Spitzenlastkessel) eingesetzt. Die Aufstellung erfolgt im bisherigen Heizraum.

Investitionskosten	27.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	12.000 €
Einsparung Kosten	28 €/a
Amortisationszeit	> 20 Jahre
Kapitalwert	-30.952 €
Lebensdauer Bauteil	20 Jahre



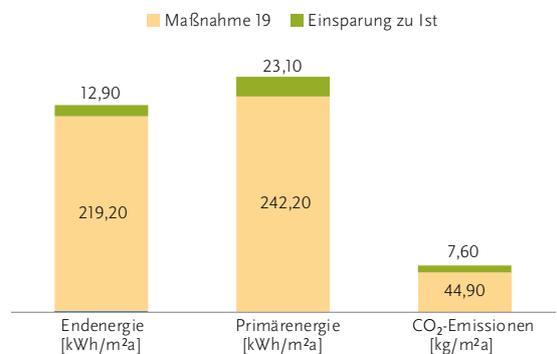
3.19. Übernahme PV-Anlage zur Eigenstromnutzung



Die auf dem Dach installierte PV-Anlage geht ab Januar 2030 in das Eigentum der Verbandsgemeinde über und kann ab diesem Zeitpunkt zur Eigenstromnutzung genutzt werden. Die zu erwartende Lebensdauer von PV-Anlagen liegt zwischen 20 und 40 Jahren. Nach 20 Jahren Laufzeit ist von einer Ertragsminderung zwischen 10 % und 20 % auszugehen. Es wird von einer Restlebensdauer ab Übernahme von 10 Jahren und einer Ertragsminderung von 10 % ausgegangen. Die installierte Leistung von 54,27 kW_p reduziert sich damit auf 48,84 kW_p. Für den Umbau zur Eigenstromnutzung fallen einmalige Kosten an.

Die auf dem Dach installierte PV-Anlage geht ab Januar 2030 in das Eigentum der Verbandsgemeinde über und kann ab diesem Zeitpunkt zur Eigenstromnutzung genutzt werden. Die zu erwartende Lebensdauer von PV-Anlagen liegt zwischen 20 und 40 Jahren. Nach 20 Jahren Laufzeit ist von einer Ertragsminderung zwischen 10 % und 20 % auszugehen. Es wird von einer Restlebensdauer ab Übernahme von 10 Jahren und einer Ertragsminderung von 10 % ausgegangen. Die installierte Leistung von 54,27 kW_p reduziert sich damit auf 48,84 kW_p. Für den Umbau zur Eigenstromnutzung fallen einmalige Kosten an.

Investitionskosten	750 €
Energiebedingte Mehrkosten	750 €
Einsparung Kosten	7.206 €/a
Amortisationszeit	1 Jahr
Kapitalwert	48.098 €
Lebensdauer Bauteil	30 Jahre



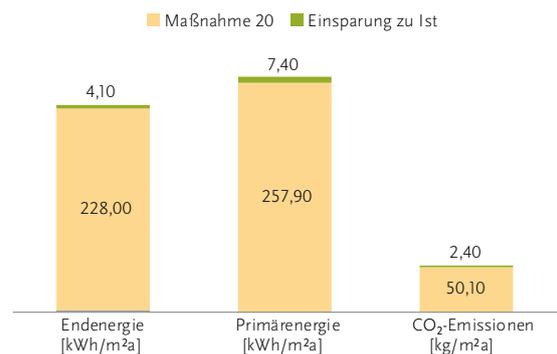
3.20. PV-Anlage neu (nach Ablauf der Lebensdauer)



Nach Ablauf der Lebensdauer der bestehenden Anlage wird eine neue Anlage anschlussfertig inkl. Solarmodulen, Wechselrichter, Halterung, Überspannungsschutz, Steuerung und Zählerinrichtung installiert. Diese wird ebenfalls mit kristallinen Solarmodulen sowie gleicher Fläche von 387,85 m² und Leistung mit 54,27 kW_p geplant. Die Kosten werden mit 1.500 Euro/kW_p kalkuliert. Bei der Nutzung ist eine hohe Eigenstromnutzung anzustreben. Dadurch können fällige Umlagen reduziert werden. Die EEG-Umlage fällt bei Neuanlagen ab 10 kW_p auch auf den selbst genutzten Strom anteilig an.

Nach Ablauf der Lebensdauer der bestehenden Anlage wird eine neue Anlage anschlussfertig inkl. Solarmodulen, Wechselrichter, Halterung, Überspannungsschutz, Steuerung und Zählerinrichtung installiert. Diese wird ebenfalls mit kristallinen Solarmodulen sowie gleicher Fläche von 387,85 m² und Leistung mit 54,27 kW_p geplant. Die Kosten werden mit 1.500 Euro/kW_p kalkuliert. Bei der Nutzung ist eine hohe Eigenstromnutzung anzustreben. Dadurch können fällige Umlagen reduziert werden. Die EEG-Umlage fällt bei Neuanlagen ab 10 kW_p auch auf den selbst genutzten Strom anteilig an.

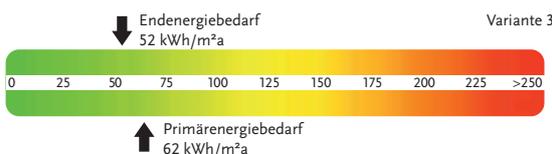
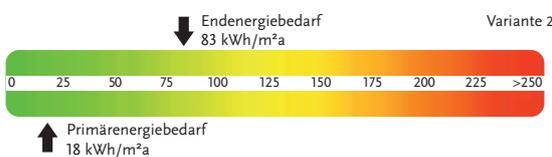
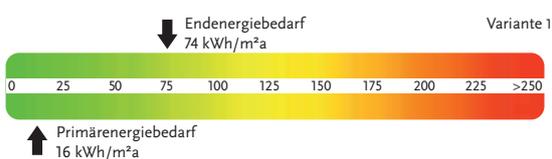
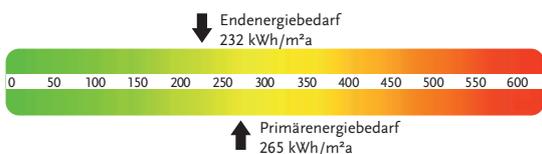
Investitionskosten	81.405 €
Energiebedingte Mehrkosten	keine
Einsparung Kosten	8.607 €/a
Amortisationszeit	1 Jahr
Kapitalwert	363.962 €
Lebensdauer Bauteil	30 Jahre



4. Varianten

Es wurden drei Varianten als Sanierungsfahrpläne gegenübergestellt:

- › **Variante 1:** Klimaneutralität bis 2050 (Pelletkessel, Dämmung der Gebäudehülle, mit Innenhofausbau)
- › **Variante 2:** Kostenoptimierte energetische Sanierung und Klimaneutralität bis 2050 (Pelletkessel, Dämmung der Gebäudehülle, ohne Innenhofausbau)
- › **Variante 3:** Energieeffiziente Sanierung bis 2050 (Gas-Brennwert + Luft-Wasser-Wärmepumpe, Dämmung der Gebäudehülle, mit Innenhofausbau)



Durch Variante 1 kann der Primärenergiebedarf um 94 % und der Endenergiebedarf um 68 % minimiert werden. In Variante 1 kann eine CO₂-Einsparung von insgesamt über 99 %

erzielt werden. Um eine CO₂-Einsparung von 100 % zu erzielen, wäre eine Dämmung des Bestandsfußbodens erforderlich. Dies wäre mit sehr hohen Kosten verbunden und wäre wirtschaftlich nicht darstellbar. Aus diesem Grund wäre auch eine energetische Sanierung zu einem Energiegewinngebäude (negativer Endenergiebedarf bzw. negativer Primärenergiebedarf) wirtschaftlich nicht darstellbar. Deswegen wurde für Variante 1 und Variante 2 eine fast komplette Klimaneutralität mit einer CO₂-Einsparung von über 99 % bis 2050 dargestellt.

Bei allen Varianten können mit einem entsprechenden Investitionsvolumen große Energieeinsparpotentiale realisiert werden. Die Endenergieeinsparungen reichen dabei von ca. 64 % in Variante 2 über ca. 68 % in Variante 1 bis hin zu ca. 78 % in Variante 3.

Schrittweise Sanierung

Für die schrittweise Sanierung wurden die Sanierungsmaßnahmen in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht. Dabei wurden das Alter der Anlagentechnik sowie der Bauteile berücksichtigt. Die Maßnahmen wurden so kombiniert, dass Bauschäden vermieden und Investitionskosten reduziert werden.

Die gewählten Zeitintervalle für die Sanierungsfahrpläne sind für alle Varianten identisch. Diese dienen als grobe Richtwerte. Insgesamt werden drei Schritte je Variante als Sanierungsfahrplan gewählt. Im Folgenden sind die Zeitintervalle im Einzelnen erläutert.

Schritt 1: Umsetzung Sofortmaßnahmen

Es werden energetische Maßnahmen an der Gebäudehülle (ohne Dachsanierung) aufgezeigt. Die Fensterelemente im Flurbereich zum Innenhof und zum Außenbereich weisen starke Abnutzungen bzw. Beschädigungen an den



Fensterrahmen auf. Außerdem sind in diesem Bereich massive Wärmebrücken vorhanden, die energetische Schwachstellen darstellen. Diese sollten zeitnah durch eine energetische Sanierung minimiert werden.

Das Energieeinsparpotenzial für diesen ersten Schritt ist für alle Varianten hoch, weil die Gebäudehülle aufgrund des hohen Anteils der Transmissionswärmeverluste eine wesentliche energetische Schwachstelle darstellt. Es empfiehlt sich aus energetischer und bauphysikalischer Sicht diesen ersten Schritt sofort bzw. kurzfristig durchzuführen, da die Lebensdauer der betrachteten Bauteile bereits erreicht worden ist. Dies betrifft hauptsächlich die Fensterelemente im Flurbereich zum Innenhof und noch weitere alte Fenster sowie die Bestandsaußenwände. Wird die Bestands-Beleuchtung durch LED ersetzt, kann hier leicht und durch geringe Investitionen Endenergie eingespart werden.

Schritt 2: Umsetzung bis 2035

In diesem Schritt wird in allen Varianten die Erneuerung der Heizanlage aufgrund der Lebensdauer der bestehenden Heizanlage (Baujahr 2015) eingerechnet. Die Lebensdauer der Heizung liegt bei ca. 25 Jahren.

Außerdem laufen die Pacht-Verträge für die PV-Anlage Anfang 2030 aus. Die Anlage kann in das Eigentum der Gemeinde zurückgeführt werden, damit der produzierte Strom selbst genutzt werden kann.

Schritt 3: Umsetzung bis 2050

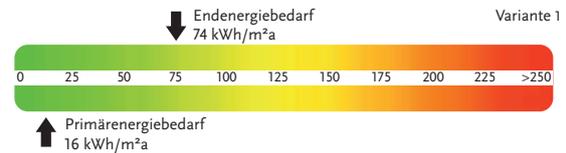
Für diesen letzten Schritt wurden Maßnahmen gewählt, die aufgrund der erreichten Lebensdauer von Bauteilen und der Anlagentechnik erforderlich sind.

In diesem letzten Schritt wird in allen Varianten eine Erneuerung der PV-Anlage aufgrund des Ablaufs der Lebensdauer der alten PV-Anlage berücksichtigt. Das Hauptdach wurde zuletzt im Jahr 2007 saniert. Aufgrund dieser Tatsache sollte eine Dachsanierung nicht vor Ablauf der Lebensdauer (ca. 50 Jahre) erfolgen. Jedoch bietet sich im Zuge der Installation einer neuen PV-Anlage die Sanierung des Daches an, um Mehrkosten zu vermeiden. Außerdem sind einige Fenster/Haustüren aus dem Baujahr 2009, die in den vorherigen Schritten noch nicht saniert werden müssen, aber nach Ablauf der Lebensdauer von ca. 40 Jahren materialtechnisch in einem sanierungsbedürftigen Zustand sein werden.

4.1. Variante 1: Klimaneutralität bis 2050

Bei Variante 1 (klimaneutral) handelt es sich um einen Sanierungsfahrplan, der zu einer fast vollständigen Klimaneutralität (CO₂-Einsparung > 99 %) bis 2050 führt. Zum Erreichen einer fast vollständigen Klimaneutralität kommt ein Pelletkessel zum Einsatz.

Zusätzlich wird ein Innenhofausbau mitberücksichtigt.

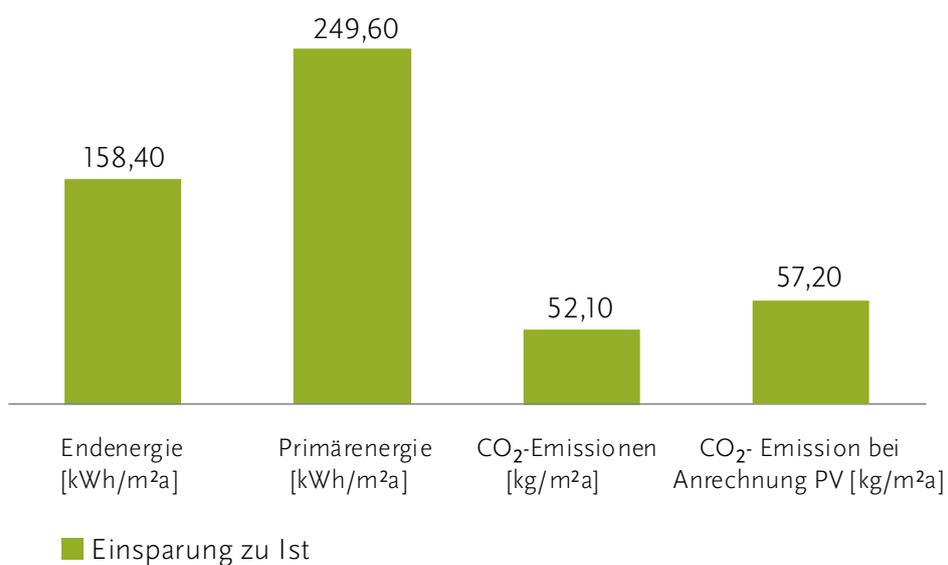


1966 Baujahr			
2018/19	Kellerdecke gegen unbeheizt dämmen	Maß. 1	
	Fußboden gegen Außenluft dämmen	Maß. 2	
	Außenwand Bestand dämmen (mit Innenhofausbau)	Maß. 4	
	Außenwand Anbau dämmen	Maß. 6	
	Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus dämmen	Maß. 7	
	Fenster austausch (ohne Innenhoffenster)	Maß. 8	
	Lichtkuppel neu	Maß. 9	
	Eingangstüren Bereich Anbau erneuern	Maß. 11	
	Erweiterung Innenhof	Maß. 13	
	Beleuchtung austauschen	Maß. 14	
	Elektronisch geregelte Heizungspumpe	Maß. 15	
	Optimierung der heizungstechnischen Anlage	Maß. 16	
	bis 2035	Pelletkessel mit Pufferspeicher	Maß. 17
	2030	Übernahme PV-Anlage zur Eigenstromnutzung	Maß. 19
	bis 2050	Dachschräge neu dämmen	Maß. 3
		Fenster austausch (nach Ablauf der Lebensdauer)	Maß. 12
PV-Anlage neu (nach Ablauf der Lebensdauer)		Maß. 20	

Bezeichnung	Ist-Zustand	2018/2019	2035	2050
Endenergiebedarf gesamt [kWh/m ² a]	232,1	100,70	80,30	73,70
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/m ² a]	265,3	118,90	17,50	15,70
Investitionskosten [€]	0	800.940	60.663	490.668
CO ₂ -Emissionen [kg/m ² a]	52,5	24,9	0,5	0,4

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

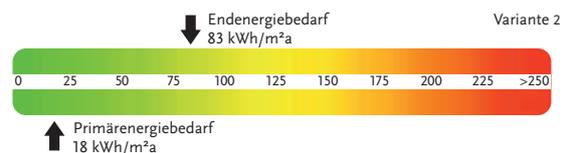
Bezeichnung	Ist-Zustand	2018/2019	2035	2050
CO ₂ -Emissionen [kg/m ² a] inkl. PV-Einspeisung	52,5	24,9	-4,6	-4,7



4.2. Variante 2: Kostenoptimierte Sanierung und Klimaneutralität bis 2050

In Variante 2 (kostenoptimiert) wird ein Sanierungsfahrplan mit der Zielsetzung einer kostenoptimierten energetischen Sanierung bis 2050 dargestellt. Bei dieser Variante wird der Innenhof nicht ausgebaut.

Auch mit dieser Variante wird eine nahezu vollständige Klimaneutralität bis 2050 durch den Einsatz eines Pelletkessels erreicht.

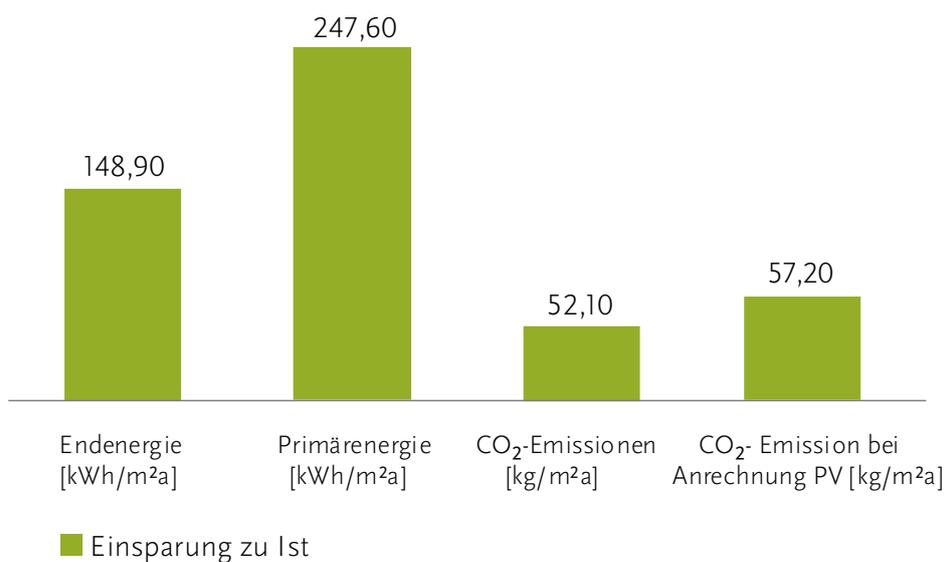


	1966 Baujahr		
	2018/19	<ul style="list-style-type: none"> Kellerdecke gegen unbeheizt dämmen Fußboden gegen Außenluft dämmen Außenwand Bestand dämmen (ohne Innenhofausbau) Außenwand Anbau dämmen Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus dämmen Fenster austausch (ohne Innenhoffenster) Lichtkuppel neu Fenster austausch Innenhof Eingangstüren Bereich Anbau erneuern Beleuchtung austauschen Elektronisch geregelte Heizungspumpe Optimierung der heizungstechnischen Anlage 	<ul style="list-style-type: none"> Maß. 1 Maß. 2 Maß. 5 Maß. 6 Maß. 7 Maß. 8 Maß. 9 Maß. 10 Maß. 11 Maß. 14 Maß. 15 Maß. 16
	bis 2035	Pelletkessel mit Pufferspeicher	Maß. 17
	2030	Übernahme PV-Anlage zur Eigenstromnutzung	Maß. 19
	bis 2050	<ul style="list-style-type: none"> Dachschräge neu dämmen Fenster austausch (nach Ablauf der Lebensdauer) PV-Anlage neu (nach Ablauf der Lebensdauer) 	<ul style="list-style-type: none"> Maß. 3 Maß. 12 Maß. 20

Bezeichnung	Ist-Zustand	2018/2019	2035	2050
Endenergiebedarf gesamt [kWh/m ² a]	232,1	112,20	90,70	83,20
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/m ² a]	265,3	132,60	19,70	17,70
Investitionskosten [€]	0	476.462	60.663	490.668
CO ₂ -Emissionen [kg/m ² a]	52,5	27,8	0,6	0,4

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	2018/2019	2035	2050
CO ₂ -Emissionen [kg/a] inkl. PV-Einspeisung	52,5	27,8	-4,5	-4,7

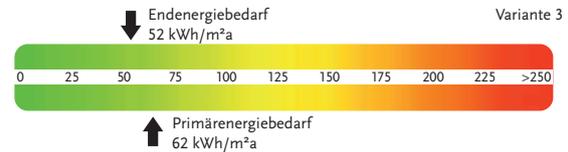


4.3. Variante 3: Energieeffiziente Sanierung bis 2050

Variante 3 (energieeffizient) zeigt einen Sanierungsfahrplan mit der Zielsetzung der energieeffizientesten energetischen Sanierung bis 2050 auf.

durch eine höhere Endenergieeinsparung als in den beiden vorangegangenen Varianten erzielt werden kann.

In der abschließenden Variante 3 wird bis 2050 der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe als alternative Anlagentechnik aufgezeigt, wo-

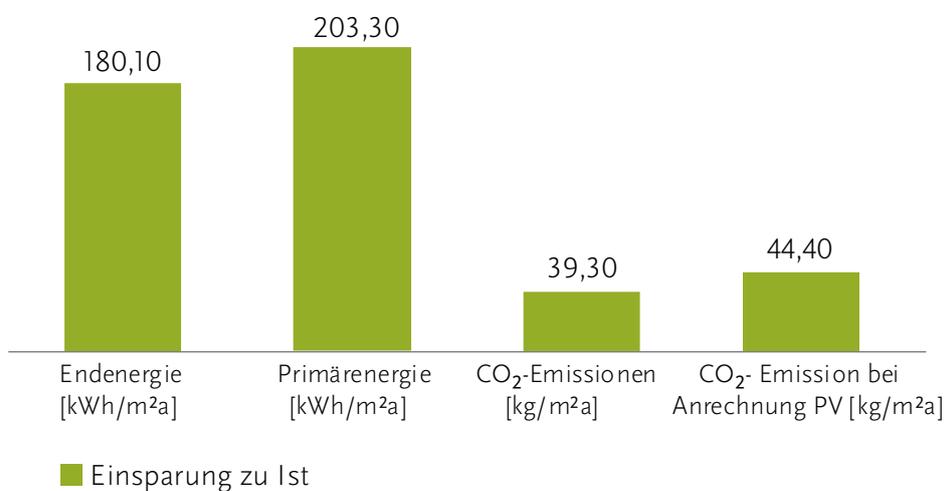


	1966 Baujahr		
	2018/19	<ul style="list-style-type: none"> Kellerdecke gegen unbeheizt dämmen Fußboden gegen Außenluft dämmen Außenwand Bestand dämmen (mit Innenhofausbau) Außenwand Anbau dämmen Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus dämmen Fenster austausch (ohne Innenhoffenster) Lichtkuppel neu Eingangstüren Bereich Anbau erneuern Erweiterung Innenhof Beleuchtung austauschen Elektronisch geregelte Heizungspumpe Optimierung der heizungstechnischen Anlage 	<ul style="list-style-type: none"> Maß. 1 Maß. 2 Maß. 4 Maß. 6 Maß. 7 Maß. 8 Maß. 9 Maß. 11 Maß. 13 Maß. 14 Maß. 15 Maß. 16
	bis 2035 2030	<ul style="list-style-type: none"> Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Pufferspeicher Übernahme PV-Anlage zur Eigenstromnutzung 	<ul style="list-style-type: none"> Maß. 18 Maß. 19
	bis 2050	<ul style="list-style-type: none"> Dachschräge neu dämmen Fenster austausch (nach Ablauf der Lebensdauer) PV-Anlage neu (nach Ablauf der Lebensdauer) 	<ul style="list-style-type: none"> Maß. 3 Maß. 12 Maß. 20

Bezeichnung	Ist-Zustand	2018/2019	2035	2050
Endenergiebedarf gesamt [kWh/m ² a]	232,1	100,70	57,70	52,00
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/m ² a]	265,3	118,90	68,70	62,00
Investitionskosten [€]	0	800.940	31.913	490.668
CO ₂ -Emissionen [kg/m ² a]	52,5	24,90	14,6	13,2

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	2018/2019	2035	2050
CO ₂ -Emissionen [kg/m ² a] inkl. PV-Einspeisung	52,5	24,90	9,5	8,1



5. Lebenszykluskosten

Nachfolgend wird auf die Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten eingegangen. Dabei werden die Varianten im Rahmen einer Vollkostenberechnung miteinander verglichen. Als Jahr des Beginns wird 2018 gewählt, da alle Varianten zu diesem Zeitpunkt starten.

Im Gegensatz zu der Kapitalwertmethode werden bei der Betrachtung der Lebenszykluskosten die Vollkosten (Energiekosten, Betriebskosten und Wartungskosten) berücksichtigt. Außerdem wird bei den Lebenszykluskosten ein längerer Betrachtungszeitraum (2018–2069) berücksichtigt. Aufgrund des längeren Betrachtungszeitraums bei den Lebenszykluskosten ist ein erneuter Heizungs austausch im Jahr 2055 zu berücksichtigen, da die Lebensdauer der Heizanlage erreicht wird.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten stellt die Variante mit den niedrigsten Lebenszykluskosten die wirtschaftlichste Variante dar. Hingegen stellt bei der Betrachtung der Kapitalwertmethode die Variante mit dem höchsten Kapitalwert die wirtschaftlichste Variante dar.

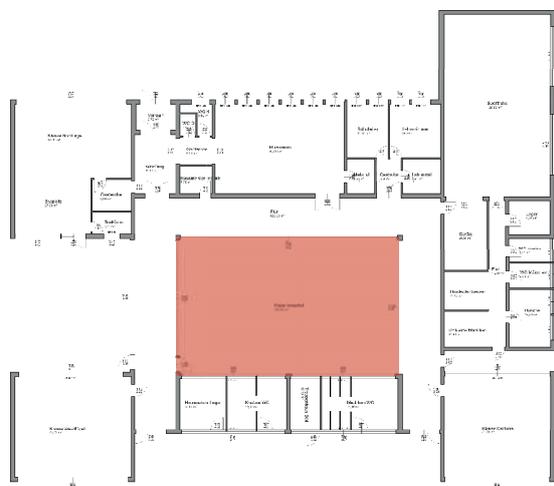
In der nachfolgenden Tabelle werden für die Varianten 1 und 3 die Lebenszykluskosten sowie die ermittelten Kapitalwerte dargestellt.

	Lebenszykluskosten [€] (2018–2069)	Kapitalwertmethode [€] (2018–2050)
Variante 1	2.859.704	377.121
Variante 3	2.958.807	363.833

Variante 2 entspricht der Variante 1 ohne Innenhofausbau, daher wird diese in der obigen Tabelle nicht mit aufgeführt. Der Unterschied zwischen Variante 1 und 3 liegt allein bei der Heizanlage. In Variante 1 kommt ein Pelletkessel zum Einsatz während in Variante 3 eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit einem Gas-Brennwertkessel eingesetzt wird.

Alle Varianten weisen einen positiven Kapitalwert auf. Die Reihenfolge der Wirtschaftlichkeit für die dargestellten Varianten ist bei der Kapitalwertmethode und der Betrachtung der Lebenszykluskosten identisch. Eine Refinanzierung des Innenhofausbaus durch die eingesparten Energiekosten ergibt sich nicht, daher sind die Lebenszykluskosten (2.509.254 Euro) sowie der Kapitalwert (825.673 Euro) bei Variante 2 günstiger. Hierbei wird nicht die Werterhöhung des Gebäudes (Substanzvermehrung) von Varianten 1 und 3 berücksichtigt.

Durch den Innenhofausbau würde eine größere Nutzfläche zur Verfügung stehen. Außerdem müssten die Schüler in der kalten Jahreszeit nicht mehr in den Außenbereich, um die sanitären Einrichtungen zu nutzen.





Gemäß der Schulbaurichtlinie für Rheinland-Pfalz ist bei der Kostenberechnung für Neu-/Erweiterungsbauten eine Obergrenze des BKI-Wertes (z.B. für allgemeinbildende Schulen derzeit: 1.940 Euro/m² BGF, 450 Euro/cm BRI, 3.250 Euro/m² Nutzfläche) hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen. Durch einen Innenhofausbau kann eine Nutzfläche von ca. 195 m² geschaffen werden. In Bezug auf die angegebene Obergrenze von 3.250 Euro/m² Nutzfläche würde sich ein Gesamtbeitrag von 633.750 Euro als Obergrenze für die Wirtschaftlichkeit ergeben. Für den Innenhofausbau wurden ca. 438.000 Euro geschätzte

Investitionskosten von der Verbandsgemeinde Deidesheim angegeben. Gegenüber der in der Schulbaurichtlinie angegebenen Obergrenze für die Wirtschaftlichkeit würde sich dadurch ein theoretischer geldwerter Vorteil gegenüber der angegebenen Obergrenze ergeben. An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass es sich nur um einen sehr vereinfachten Ansatz für den Vergleich der Wirtschaftlichkeit für den geplanten Innenhofausbau handelt und noch weitere Aspekte (z.B. Erschließungskosten, Standort, ...) für einen aussagekräftigen Vergleich der Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen wären.



6. Verwendete Rahmenbedingungen

6.1. Berechnungsgrundlage

Die noch vorhandenen Bauteilaufbauten aus dem Bestand von 1966 bzw. aus dem Anbau von 1977 wurden gemäß der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand vom 7. April 2015 angesetzt. Dazu zählen der Fußboden, die Kellerdecke und die Außenwände des Bestandsgebäudes sowie die Außenwände des Anbaus. Für den Fußboden des Anbaus konnte die tatsächliche Dämmstärke aufgrund einer offenen Stelle am Fußboden angesetzt werden.

6.2. Kostendarstellung

Die Energieberatung berücksichtigt die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten sowie der Datenaufnahme vor Ort. Die Investitionskosten wurden aus anderen ähnlichen Projekten abgeschätzt, welche zum Zeitpunkt der Anfertigung des Energieberichts zur Verfügung standen. Eine genaue Abschätzung der Investitionskosten kann erst bei der konkreten

Planung der favorisierten Variante durch Einholung konkreter Angebote der Gewerke erfolgen.

- › Betrachtungszeitraum
Kapitalwert: 30 Jahre (2018–2050)
- › Betrachtungszeitraum
Lebenszykluskosten: 50 Jahre
(2018–2069)

Es wurden unterschiedliche Betrachtungszeiträume gewählt, da bei einem längeren Zeitraum eine Ersatzinvestition (z.B. der Heizkessel) anfällt.

- › Kalkulationszins: 1,0 % pro Jahr
- › Inflation: 2,0 %
- › Energiepreissteigerung: 4,0 % pro Jahr
- › Betriebskostensteigerung: 1,0 % pro Jahr

In allen Varianten bzw. bei allen Maßnahmen werden keine Fördermittel berücksichtigt. Es wird angenommen, dass die Investitionskosten nicht über ein Darlehen finanziert werden.



Energie-träger	Aktueller Energiepreis [€/kWh]	CO ₂ [kg/kWh]
Strom	0,28	595
Erdgas H	0,06	202
Holzpellets	0,05	0
Nachtstrom	0,21	595

6.3. Argumente gegenüber der Kommunal-aufsicht

Die in den Sanierungsfahrplänen gewählten Zeitpunkte für eine schrittweise energetische Sanierung richten sich nach sowieso erforderlichen Instandhaltungszyklen.

Bei zwei Varianten (1 und 2) wird als langfristiges Ziel ein nahezu klimaneutrales Gebäude

aufgezeigt. Durch eine Gegenüberstellung von langfristig sinnvollen Sanierungsfahrplänen kann eine optimale Vorgehensweise unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und der erzielbaren CO₂-Einsparung gewählt werden.

6.4. Querverweise auf andere Gebäude derselben Gebäudekategorie

Die hier bei dem Gebäude genutzte Konstruktionsweise mit Betonskelett ist in Rheinland-Pfalz für Schulbauten dieses Baujahres typisch. Die Südfassade der Don Bosco-Grundschule wurde bereits gedämmt. Dies zeigt eine umsetzbare Sanierungsmöglichkeit für diesen Bautyp.

Bei sämtlichen Baumaßnahmen sind die gesetzlichen Bestimmungen (z.B. baulicher Brandschutz) zu beachten und einzuhalten.

7. Fazit

Die Kommune favorisiert aufgrund der Vorteile (Nutzfläche- und Komfortgewinn etc.) zur Umsetzung den Innenhofausbau, daher werden nachfolgend nur Varianten 1 und 3 betrachtet.

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

Man erkennt:

- › Einen entscheidenden Einfluss auf die Gesamtkosten über den betrachteten Lebenszyklus haben die anfallenden Energiekosten.

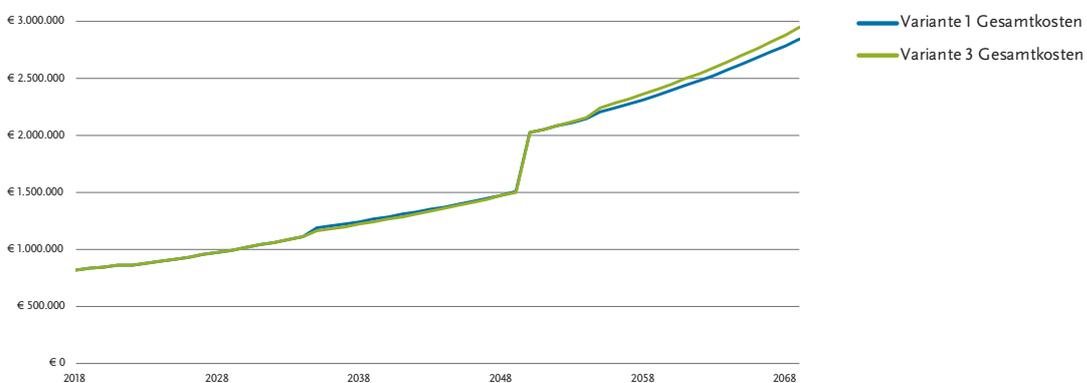
- › Durch den Austausch des Wärmeerzeugers in 2035, können ab diesem Zeitpunkt in allen Varianten signifikante Energiekosteneinsparungen erzielt werden.

Variante 3 weist zwar die größte Endenergieeinsparung auf, jedoch sind die Energiekosten bei Variante 3 durch den Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit einem Gas-Brennwertkessel am höchsten.

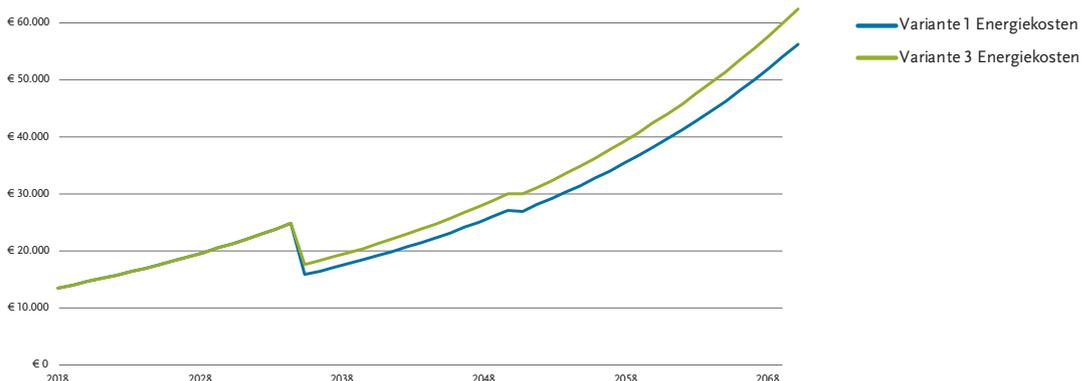
Empfohlen wird aufgrund der niedrigeren Energiekosten die Umsetzung von Variante 1

Für Variante 1 ergibt sich eine nahezu vollständige Klimaneutralität mit einer CO₂-Einsparung von über 99 % bis 2050.

Gegenüberstellung der Entwicklung der Gesamtkosten der untersuchten Varianten



Gegenüberstellung der Entwicklung der Energiekosten der untersuchten Varianten





8. Abkürzungsverzeichnis und Glossar

BGF	Bruttogrundfläche
BKI	Baukosteninformationszentrum
BRI	Bruttorauminhalt
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
g-Wert	Energiedurchlassgrad transparenter Bauteile (g von englisch glazing)
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“)
LED	Leuchtdiode (von englisch light-emitting diode)
PUR	Polyurethan
PV	Photovoltaik
Q _E	Jahres-Endenergiebedarf
Q _P	Primärenergiebedarf
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
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



9. Impressum

9.1. Kurzvorstellung Energieagentur Rheinland-Pfalz

Die Energieagentur Rheinland-Pfalz unterstützt als kompetenter Dienstleister Kommunen und ihre Bürger sowie Unternehmen in Rheinland-Pfalz bei der Umsetzung ihrer Aktivitäten zur Energiewende und zum Klimaschutz. Sie vermittelt Wissen, moderiert Prozesse, initiiert und begleitet Projekte, gibt Impulse und motiviert in den Bereichen Erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und Energiesparen.

Mitarbeiter in den Regionalbüros stehen als Ansprechpartner vor Ort zur Verfügung und unterstützen bei der Durchführung regionaler Projekte. Damit trägt die Landesenergieagentur dazu bei, die Klimaschutzziele des Landes, des Bundes und der Europäischen Union zu erreichen.

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

9.2. Kurzvorstellung IBL Ingenieurbüro Logé

IBL Ingenieurbüro Logé, Dipl.-Ing. Heiko Logé
www.clever-energie.de

Herausgeber

Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

Redaktion und Bildnachweis

Daniela Meyer-Pyritz,
Christiane Heimerdinger,
Mareen Kilduff,
Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

Gestaltung

Jennifer Chojnacki,
Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

Stand: April 2019

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