



**ENERGIEAGENTUR**  
Rheinland-Pfalz



# Sanierungsfahrplan

## Rathaus in Altenkirchen (Ergebnisbericht)

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.

# Inhalt

1. Einleitung . . . . .	04
2. Ist-Zustand des Gebäudes . . . . .	06
2.1. Grund- und Verbrauchsdaten . . . . .	07
2.2. Erneuerbare Energien. . . . .	08
2.3. Bisherige Sanierungen . . . . .	08
2.4. Gebäudehülle . . . . .	09
2.5. Anlagentechnik . . . . .	11
2.6. Bewertung des Zustandes . . . . .	12
3. Mögliche Sanierungsmaßnahmen . . . . .	14
3.1. Fenster. . . . .	14
3.2. Außenwand . . . . .	16
3.3. Dach. . . . .	20
3.4. Keller . . . . .	22
3.5. Bodenplatte . . . . .	25
3.6. Heizungsoptimierung . . . . .	26
3.7. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) . . . . .	27
3.8. Beleuchtung . . . . .	28
3.9. PV-Anlage . . . . .	28
4. Varianten . . . . .	29
4.1. Variante 1: geringste Investitionskosten und EH 70 bis 2050 . . . . .	33
4.2. Variante 2: mittlere Investitionskosten und EH 55 bis 2050 . . . . .	35
4.3. Variante 3: höchste Investitionskosten, beste Ökobilanz, EH 40 bis 2050 . . . . .	37
5. Begrünung Flachdach. . . . .	39
6. Rahmenbedingungen . . . . .	43
6.1. Berechnungsgrundlage . . . . .	43
6.2. Kostendarstellung. . . . .	43
6.3. Argumente gegenüber der Kommunalaufsicht . . . . .	43
6.4. Berechnungsansatz . . . . .	44
6.5. Querverweise auf andere Gebäude derselben Gebäudekategorie. . . . .	44
6.6. Lebenszykluskosten. . . . .	45
7. Fazit . . . . .	46
8. Abkürzungsverzeichnis & Glossar . . . . .	48
9. Impressum . . . . .	49

# Sanierungsfahrplan

## Energieagentur Rheinland-Pfalz



## 1. Einleitung

Ein Sanierungsfahrplan ist eine Form eines energetischen Sanierungskonzepts. In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass der Sanierungsfahrplan eine einfache und hilfreiche Praxishilfe für Kommunen ist.

Durch die Analyse eines Gebäudes werden Möglichkeiten der energetischen Gebäudesanierung aufgezeigt. Der Sanierungsfahrplan enthält kurzfristig umsetzbare Energiesparmaßnahmen und zeigt aufeinander abgestimmte Einzelmaßnahmen auf. Diese kann z. B. die Modernisierung der Anlagentechnik oder der Gebäudehülle betreffen. Darüber hinaus zeigt der Sanierungsfahrplan auf, wie das Gebäude schrittweise langfristig umfassend energetisch saniert werden kann.

Durch den Sanierungsfahrplan erhält die Kommune einen Überblick über die Energieverbräuche und Effizienzpotenziale der untersuchten Liegenschaft. Damit kann sie Investitionen besser priorisieren und die Finanzierung planen.

Die Energieagentur Rheinland-Pfalz hat bereits drei Sanierungsfahrpläne erstellt (Kita, Dorfgemeinschaftshaus und Grundschule): <https://www.earlp.de/sanierungsfahrplan>

Das Vorhaben „Energiemanagement und Energieeffizienz in rheinland-pfälzischen Kommunen (3EKom)“ wurde von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und vom Land Rheinland-Pfalz gefördert.

Für das Rathaus in Altenkirchen wurde im August 2021 ein Sanierungsfahrplan in Form eines energetischen Sanierungskonzepts (in drei verschiedenen Varianten) durch [BARTH & MUNGAI ++ Architekten + Ingenieure ++ Ingenieurbüro für Energieberatung](#) erarbeitet.

Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

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.

Es wird ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_P$  und ein negativer Jahres-Endenergiebedarf  $Q_E$  angestrebt, die nach den gesetzlichen Vorschriften (Gebäudeenergiegesetz (GEG) / 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.

Der vorliegende Beratungsbericht hat die Aufgabe, auf der Grundlage einer möglichst genauen Ist-Analyse des betrachteten Gebäudes, Vorschläge für aufeinander abgestimmte Sanierungsmaßnahmen (Maßnahmenpakete / Sanierungsfahrplan) sowie eine umfassende Komplettsanierung (Effizienzhaus bzw. klimaneutrales Gebäude bis 2050) aufzuzeigen.

Für das Gebäude wurde auf der Grundlage einer Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Unterlagen eine Energieberatung durchgeführt.

Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt. Hierzu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt.

Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschossdecken und Dachflächen, sowie den Lüftungswärmeverlusten und den Verlusten durch die Heizungsanlage, sowie dienen der Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen (z. B. Dämmung der Gebäudehülle, Erweiterung der PV-Anlage) zur Sanierung erarbeitet.

Dies kann als Gesamtsanierung oder in zeitlicher Reihenfolge einzelner Maßnahmen und Maßnahmenpakete erfolgen.

Dabei wurden ein Luftdichtigkeits- und Lüftungskonzept sowie Möglichkeiten zur Reduzierung von Wärmebrücken berücksichtigt und bewertet.

Die Effektivität wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung (End- und Primärenergie), Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) und Schadstoffbelastung (Kohlendioxid [ $CO_2$ ]) der Maßnahmen beurteilt.



# 100

Energieeffizienz-Kommunen  
Rheinland-Pfalz

## 2. Ist-Zustand des Gebäudes

Bei dem betrachteten Objekt handelt es sich um ein kommunales Verwaltungsgebäude aus dem Jahr 1980. Das Gebäude ist teilweise unterkellert. Im Kellergeschoss (UG 2) befinden sich Heizraum, Lager-, Technik- und Abstellräume.

Das betrachtete Gebäude befindet sich baulich in einem guten Zustand, aber in einem energetisch – insbesondere was die Gebäudehülle anbelangt – relativ schlechten Zustand.

Der Jahres-Primärenergiebedarf liegt, dank regenerativer Fernwärme und installierter

Photovoltaikanlage, schon 25 % unter den Anforderungen eines entsprechenden Neubaus.

Die Nutzungsfläche wird in unterschiedliche Zonen aufgegliedert, welche sich hinsichtlich Nutzung und Konditionierung (insbesondere Heizung, Lüftung, Beleuchtung) unterscheiden. Die Zonen werden einzeln betrachtet und berechnet, was zu einem genaueren Ergebnis der Gesamtbewertung des Gebäudes führt.

Nr.	Zone	Anteil [%]	Konditionierung
1	Einzelbüro	30,69	Heizung + Beleuchtung
2	Gruppenbüro	20,47	Heizung + Beleuchtung
3	Besprechung, Sitzung, Seminar	1,85	Heizung + Beleuchtung
4	WC, Sanitärraum	4,20	Heizung + Beleuchtung
5	Lager	4,26	Heizung + Beleuchtung
6	Technik	1,17	Heizung + Beleuchtung
7	Archiv	3,20	Heizung + Beleuchtung
8	Serverraum	0,85	Heizung + Beleuchtung
9	Sonstige Aufenthaltsräume	2,02	Heizung + Beleuchtung + TWW
10	Verkehrsfläche Flur	21,29	Heizung + Beleuchtung
11	Verkehrsfläche Treppenhaus	4,88	Heizung + Beleuchtung
12	unbeheizt	-	keine Heizung und Kühlung
13	Sitzung	5,11	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung

Tab. 1: Zonierung des Gebäudes

## 2.1. Grund- und Verbrauchsdaten

In den letzten 3 Jahren betragen – bei einem mittleren Energieverbrauch von ca. 441.192 kWh pro Jahr – die Energiekosten ca. 46.305 € pro Jahr.

Demgegenüber wurde ein Energiebedarf (gem. GEG) von 448.342 kWh pro Jahr berechnet. Während der Energieverbrauch durch die tatsächlichen Verbrauchswerte bzw. das Nutzerverhalten bestimmt wird, wird der Energiebedarf auf der Grundlage der Angaben zum Gebäude sowie genormten Standardrandbedingungen rechnerisch ermittelt.

Zwischen Bedarf und Verbrauch ergibt sich ein Faktor von 0,98 für die Verbrauchsanpassung. Mit diesem Faktor können die zu erwartenden Einsparungen bezogen auf den gemessenen Energieverbrauch ermittelt werden. Dies ist eine vereinfachte Betrachtungsweise in guter Näherung.

Die Differenz zwischen dem rechnerisch ermittelten Endenergieverbrauch des Objektes und dem gemessenen Endenergieverbrauch ergibt sich daher, dass das tatsächliche Nutzerverhalten nicht dem für Bedarfsberechnungen angesetzten Durchschnitts-Nutzerverhalten entspricht. Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten, der Trinkwarmwasserverbrauch, die Raumtemperaturen und Anzahl / Größe der beheizten Räume wesentlichen Einfluss.

Vergleichswerte	Heizung [kWh/a]	Strom [kWh/a]
Realer Verbrauch	378.440	62.752
Berechneter Bedarf	386.348	61.993

Die Berechnung erfolgte auf der Grundlage des GEG (Gebäudeenergiegesetz) vom 1. November 2020.

Gebäudetyp	Rathaus
Baujahr Gebäude	1980
Baujahr Heizung	2010
Heizungsart/ Energieträger	Fernwärme – regenerativ
Lüftung	Freie Fensterlüftung, Lüftungsanlage (Großer Sitzungssaal)
Nettogrundfläche	2.812,72 m <sup>2</sup>
Vollgeschosse	2
Keller	teilweise unterkellert

Tab. 2: Gebäudesteckbrief

Das folgende Bild zeigt die Einordnung des Gebäudes gemäß GEG.

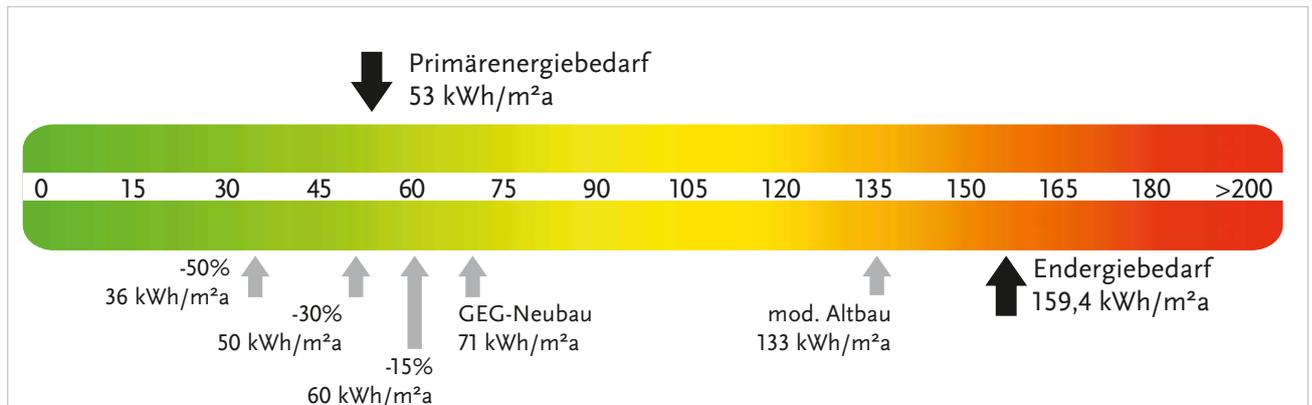


Abb. 2.1.1: Energiebedarf im Ist-Zustand

## 2.2. Erneuerbare Energien

Auf dem Flachdach ist bereits eine Photovoltaikanlage mit 9,88 kWp installiert. Die Anlage wird seit 2016 zu 100 % Eigennutzung betrieben, d.h. der erzeugte Strom wird komplett selbst genutzt.

Energieträger	Berechnung gemäß GEG [kWh/a]
Photovoltaik	2.800 kWh/a

Außerdem wird zur Beheizung des Gebäudes regenerativ erzeugte Wärme genutzt.

## 2.3. Bisherige Sanierungen

Von ca. 1990 bis 2000 wurden zur dezentralen Warmwassererzeugung elektrische Kleinspeicher angebracht.

Der Wärmeerzeuger wurde 2010 ausgetauscht gegen Fernwärme (regenerativ).

Im selben Jahr wurde eine Lüftungsanlage für den großen Sitzungssaal mit 65 % Wärmerückgewinnung eingebaut.

Die jüngste Neuerung stellte im Jahr 2016 die Installation der zuvor genannten PV-Anlage dar.

### Tipp:

Weitere Informationen zu PV-Anlagen in der Studie „Attraktive Geschäftsmodelle mit PV-Anlagen“, kostenloser Download unter [www.energieagentur.rlp.de](http://www.energieagentur.rlp.de)

## 2.4. Gebäudehülle

(Übersicht der U-Werte der einzelnen Bauteile: siehe Tabelle S. 30/31)



### Fenster/ Türen

#### Fenster:

mit 2-fach-Isolier-Verglasung in Aluminiumrahmen

U-Wert: 4,3 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: sanierungsbedürftig wegen des Baualters  
(keine offensichtlichen Undichtigkeiten; Rahmen und  
Beschlüge teilweise schadhaft)

#### Fenster Sitzungssaal:

(siehe Fenster), jedoch als Motiv-Buntglasfenster

#### Sonnenschutz:

größtenteils außenseitig angebrachte Aluminium-Jalousien

#### Außentüren:

mit 2-fach-Isolier-Verglasung in Aluminiumrahmen

U-Werte: 5,0 W/m<sup>2</sup>K und 4,3 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: keine offensichtlichen Undichtigkeiten

#### Dachfenster - Lichtkuppel:

U-Werte: 3,0 W/m<sup>2</sup>K und 4,3 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: keine offensichtlichen Undichtigkeiten

#### Dachfenster - Dachausstieg:

einfache Holzkonstruktion ohne zusätzliche Dichtungen und ohne ausreichenden Wärmeschutz

U-Werte: 3,5 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: keine offensichtlichen Undichtigkeiten

#### Tür zum unbeheizten Keller:

einfache Kellertür (Stahlblech) ohne ausreichende Wärmedämmung sowie ohne Dichtungen; d.h. erhöhte (unkontrollierte) Lüftungsverluste

U-Werte: 4,0 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: keine offensichtlichen Undichtigkeiten

### Außenwand



#### Außenwand 1:

Stahlbeton mit vorgehängten Betonfertigteilen, ca. 4 cm Wärmedämmung (Mineralwolle), innen verputzt, außen Betonfertigteil in Sichtqualität

U-Wert: 0,73 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut



#### Außenwand 2:

30 cm Mauerwerk, innen und außen verputzt

U-Wert: 0,83 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut (keine Risse oder sonstige Schäden erkennbar)

#### Außenwand 3:

30 cm Mauerwerk, innen verputzt, außen vorgehängte, hinterlüftete Fassade (Schiefer)

U-Wert: 0,78 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut (keine Risse oder sonstige Schäden erkennbar)

#### Außenwand 4:

24 cm Mauerwerk, innen verputzt, außen vorgehängte, hinterlüftete Fassade (Schiefer) mit ca. 4 cm Wärmedämmung (Mineralwolle)

U-Wert: 0,73 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut (keine Risse oder sonstige Schäden erkennbar)

#### Außenwand gegen Erdreich:

U-Wert: 0,80 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut

#### Wand gegen unbeheiztes Kellergeschoss:

U-Wert: 2,81 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut

### **Dach**

---

#### Flachdach:

Massivbauweise (Stahlbeton ca. 18 cm) mit ca. 12 cm Wärmedämmung (Mineralwolle). Die Flächen sind teils bekiest, teilweise mit besandeter Bitumendachbahn belegt. (Auf letzterer ist starke Pfützenbildung erkennbar.)

U-Wert: 0,31 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: sanierungsbedürftig

#### Sattel-/Walmdach (Bereich Sitzungssaal):

Holzkonstruktion mit ca. 12 cm Zwischensparrendämmung (Mineralwolle). Unterseitig beplankt, Dacheindeckung Schiefer.

U-Wert: 0,46 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut





## Bodenplatte

### Kellerdecke:

ca. 18 cm Stahlbetondecke, vermutlich 5 cm Wärmedämmung unter schwimmendem Estrich, Unterseite nicht verputzt, keine ausreichende Wärmedämmung vorhanden

U-Wert: 0,58 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut

### Bodenplatte:

ca. 18 cm Stahlbetonplatte, vermutlich 5 cm Wärmedämmung unter schwimmendem Estrich

U-Wert: 0,65 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut

### Kellerfußboden:

ca. 18 cm Stahlbeton mit ca. 6 cm Verbundestrich

U-Wert: 0,65 W/m<sup>2</sup>K

Baulicher Zustand: gut

## 2.5. Anlagentechnik

### Heizung



Zentrale Wärmeerzeugung: Wärmeübergabestation – 295 kW, Nahwärme regenerativ, Baujahr 2010

Rohrleitungen außerhalb und innerhalb der thermischen Hülle: gedämmt  
Baulicher Zustand: gut bis sehr gut

### Warmwasser



Dezentral über Kleinspeicher (je ca. 5 Liter), elektrisch

Baujahre: ca. 1990-2000

Baulicher Zustand: gut

### Photovoltaik (PV)



79 m<sup>2</sup> der Modulfläche, aufliegend auf dem Flachdach

Installiert: 2016

Peakleistung: 9,88 kW<sub>p</sub> ; 125W/m<sup>2</sup>



### Lüftungsanlage

Versorgungsbereich (Großer Sitzungssaal): 143,86 m<sup>2</sup>  
Wärmeerzeuger: Heizregister über Heizungsanlage (Nahwärme, regenerativ), Rotationswärmetauscher Wärmerückgewinnung 65 %  
Baujahr: 2010



### Beleuchtung

Größtenteils Leuchtstoffröhren T8 58 W / T5 36 W mit verlustarmen Vorschaltgeräten.  
Regelung: keine tageslicht-/ präsenzabhängige Steuerung

## 2.6. Bewertung des Zustandes

Der Primärenergiebedarf des untersuchten Gebäudes im Ist-Zustand beträgt 53 kWh/m<sup>2</sup>a. Damit liegt der Wert schon 25 % unter den Anforderungen eines vergleichbaren Neubaus. Für einen Neubau liegen die Vergleichswerte für den maximal zulässigen Primärenergiebedarf  $Q_P$  eines Gebäudes gleicher Kubatur bei 71 kWh/m<sup>2</sup>a.

Insgesamt gesehen betragen die Transmissionswärmeverluste (Verluste über Gebäudehülle) rund 66 % der Gesamtverlustmenge beim betrachteten Gebäude. Das betrachtete

Gebäude – insbesondere die Gebäudehülle – befindet sich in einem energetisch relativ schlechten Zustand.

### Empfohlene Vorgehensweise:

Sanierungsfahrplan: Hier werden Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmenpakete dargestellt, welche – baulich und zeitlich – aufeinander abgestimmt eine Sanierung Schritt-für-Schritt darstellen. Ziel ist die Erreichung eines klimaneutralen Gebäudes bis 2050. In nachfolgender Zusammenstellung sind die Fördersätze der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) berücksichtigt.

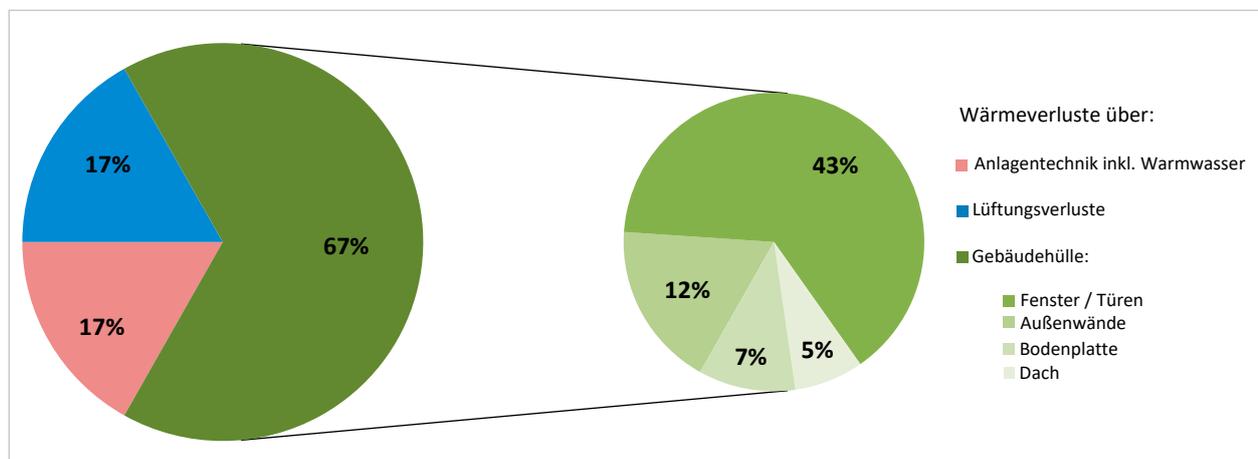


Abbildung 2.6.1: Wärmeverluste des Gebäudes

Gesamtsanierung in einem Zug: Hier wird ein Maßnahmenpaket dargestellt, welches – baulich aufeinander abgestimmt – eine Sanierung in einem Zuge darstellt. Nach Durchführung aller vorgeschlagenen Energieeffizienzmaßnahmen kann ein Effizienzgebäude 55 EE (Effizienzhaus-Klasse „Erneuerbare Energien“) erreicht werden. Ziel ist die Erreichung eines klimaneutralen Gebäudes bis 2050.

Insbesondere die Außenwände, die Fenster sowie die Kellerdecke entsprechen nicht mehr dem heutigen Standard, was einen hohen Wärmeverlust und somit zusätzliche Kosten bedeutet.

Die Fenster(-flächen) verursachen relativ sowie absolut die höchsten Energieverluste. Sie sollten deshalb, aber auch in Anbetracht ihres Alters (bald 50 Jahre), dringend ausgetauscht werden.

Das Sanierungspaket beinhaltet die energetische Sanierung der thermischen Gebäudehülle. Damit wird das Gebäude dichter als bisher und das Eindringen von Luft durch die Hülle geringer. Um Bauschäden vorzubeugen (Schimmel durch Feuchtigkeit) wird die Erstellung eines Lüftungskonzeptes empfohlen.

#### **! Zu beachten !**

Durch die Dämmung sind Heizkreise und Regelung erneut an das Gebäude anzupassen. Durch die mit den Maßnahmen erfolgende Abdichtung der Gebäudehülle ist ggf. das Lüftungsverhalten zu ändern, um genügend Frischluft zuzuführen und den bauphysikalisch erforderlichen Luftwechsel zu gewährleisten.

Komfortsteigerung: Die Wärmedämm-Maßnahmen bewirken gleichmäßig warme Räume. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Die neuen Fenster verhindern Zugerscheinungen durch Kältefall sowie unangenehme Zugluft. Gleiches gilt für die Sanierung / Austausch der Rollladenkästen. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste werden vermieden.

Durch die Dämmung der Kellerdecke wird Fußkälte vermieden.

Der hydraulische Abgleich bewirkt eine bessere Regelung der Raumtemperaturen und beseitigt Störgeräusche.



### 3. Mögliche Sanierungsmaßnahmen



#### 3.1. Fenster

Die bestehenden Fenster – 2-fach Verglasung in Aluminiumrahmen – verursachen mit 249.900 kWh / a die höchsten Energieverluste des Gebäudes. Auch altersbedingt sollte über einen Fensteraustausch nachgedacht werden. Teilweise schließen die Fenster nicht mehr dicht und einige Beschläge sind schadhaft.

Empfohlen wird der Einbau von neuen Fenstern mit Dreifachverglasung, gedämmten Fensterrahmen und verbessertem Glasrandverbund,  $U_w$ -Wert von höchstens 0,950 (vorgeschlagen: 0,840)  $W/m^2K$ . Einbau neuer Haustüren mit einem Gesamt- $U_d$ -Wert von höchstens 1,30 (vorgeschlagen: 1,00)  $W/m^2 K$ . Beim Einbau der neuen Fenster ist auf den luftdichten Anschluss an das Mauerwerk zu achten. Untersucht wurden drei verschiedene Ausführungen: Kunststoffrahmen, Holzrahmen und Aluminiumrahmen.

Im Zuge der Fenstersanierung kann auch ein neues Sonnenschutzsystem eingebaut werden. Dieses sollte als Vorbauelement (Außenjalousien) in der Dämmebene verbaut werden. Fenstermodernisierungen sollten möglichst mit der Verbesserung des Außenwand-Wärmedämmstandards einhergehen. Sonst besteht die Gefahr der Kondensatbildung an Innenflächen der Außenwand und unter Umständen (z. B. ungünstige Lüftungsbedingungen) Schimmelbildung und Bauschäden.

#### Vorteile der Maßnahme:

- + Die Behaglichkeit in allen Räumen des Gebäudes steigt.
- + Dichte Fenster verhindern zukünftig unangenehme Zugluft.
- + Der Brennstoffverbrauch geht deutlich zurück.

Tab. 3.1.1: Kostenübersicht der untersuchten Ausführungen

	Kunststoff- (3.1.1)	Holz- (3.1.2)	Aluminiumrahmen (3.1.3)
Investitionskosten*	754.000 €	855.100 €	929.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	184.600 €	324.800 €	360.000 €
Einsparung Kosten	25.300 €/a	28.500 €/a	27.800 €/a
Amortisationszeit**	3 Jahre	10 Jahre	11 Jahre
Kapitalwert	807.563 €	735.882 €	717.961 €
Lebensdauer Bauteil	40 Jahre	40 Jahre	>50 Jahre
*inkl. Gerüstkosten, hydraulischer Abgleich + Lüftungskonzept			
**Amortisationszeit der energiebedingten Mehrkosten zzgl. Förderung			

Wird die Fassade gedämmt, so sollten die Blendrahmen weitestmöglich überdämmt werden oder in der Dämmebene montiert sein. Ebenso muss auf Luftdichtigkeit der Rahmenanschlüsse zur Außenwand geachtet werden. Zudem können sich bei einer gleichzeitigen Fassadensanierung hohe Synergieeffekte ergeben. Dies kann zu erheblichen Investitionskosteneinsparungen bei der Sanierung führen.

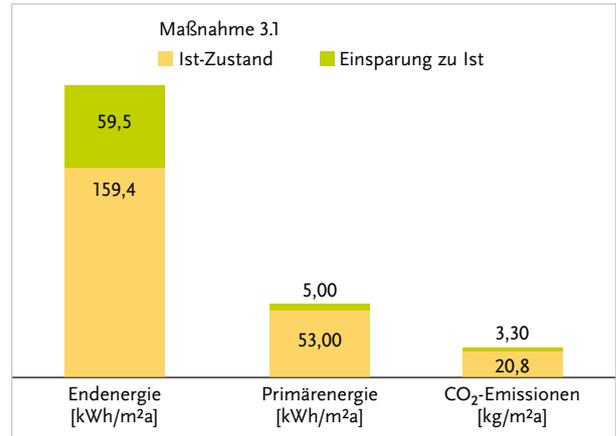


Abbildung 3.1.1: Einsparungseffekte Maßnahme 3.1





### 3.2. Außenwand

Die bestehenden Außenwände sind größtenteils 2-schalig ausgeführt.

Schichtaufbau: 24 cm Stahlbeton, 4 cm Wärmedämmung (Mineralwolle), 4 cm Luftschicht (belüftet) und Betonfertigteil aus Stahlbeton in Sichtqualität.

Die vorhandene Wärmedämmung ist zwar theoretisch ausreichend, den Mindestwärmedurchlasswiderstand nach DIN 4108-2 (1,20 m<sup>2</sup>K/W) einzuhalten. Sie entspricht aber nicht mehr einer zeitgemäßen Wärmedämmung und verursacht entsprechende Wärmeverluste. Außerdem ist die Dämmung teilweise in einem schlechten Zustand und hat daher nicht mehr ihre ursprüngliche Wirkung.

Kleinere Flächen (Bereich Sitzungssaal Erdgeschoss) sind monolithisch ausgeführt (Mauerwerk), beidseitig verputzt, teilweise mit vorgehängter Fassade (Schiefer).

Die Außenwände werden je nach Bauteilaufbau in vier unterschiedliche Typen Außenwand dargestellt (siehe 2.4 Gebäudehülle).

Geplant ist, die Wärmedämmung der Außenwände zu verbessern. Dazu werden drei unterschiedliche Möglichkeiten dargestellt. Der Fokus der vorgestellten Maßnahmen liegt auf der eingangsbeschriebenen Vorhangfassade, welche den mit Abstand größten Flächenanteil ausmacht.

Für die Dämmung der Vorhangfassade des Gebäudes sind drei Varianten denkbar (s. Tabelle 3.2.1):

Tab. 3.2.1: U-Werte der untersuchten Ausführungen

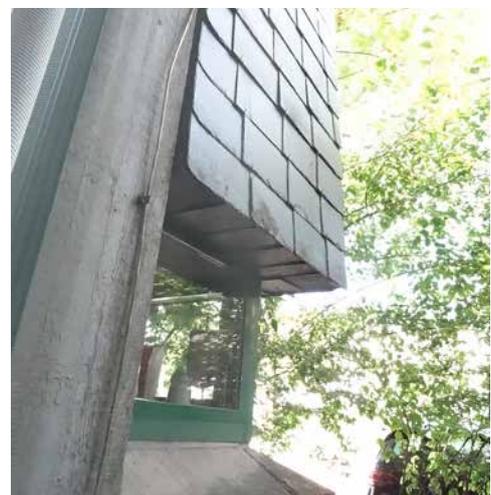
Maßnahme	Außenwand	Beschreibung	Ist	Saniert
			U-Wert	U-Wert
3.2.1 Kerndämmung (Mineralwolle)	1	Kerndämmung (Mineralwolle)	0,73	0,39
	2	WDVS (Mineralwolle)	0,83	0,16
	3	wärmegeädämmte, hinterlüftete Fassade (Mineralwollplatten)	0,78	0,16
	4	wärmegeädämmte, hinterlüftete Fassade (Mineralwollplatten)	0,73	0,16
3.2.2 WDVS (Mineralwolle)	1	WDVS (Mineralwolle)	0,73	0,14
	2	WDVS (Mineralwolle)	0,83	0,16
	3	wärmegeädämmte, hinterlüftete Fassade (Mineralwollplatten)	0,78	0,16
	4	wärmegeädämmte, hinterlüftete Fassade (Mineralwollplatten)	0,73	0,16
3.2.3 vorgehängte Fassade (Naturdämmstoffe)	1	wärmegeädämmte, hinterlüftete Fassade (Naturdämmstoffe)	0,73	0,14
	2	WDVS (Naturdämmstoffe)	0,83	0,14
	3	wärmegeädämmte, hinterlüftete Fassade (Naturdämmstoffe)	0,78	0,15
	4	wärmegeädämmte, hinterlüftete Fassade (Naturdämmstoffe)	0,73	0,14

### ! zu beachten !

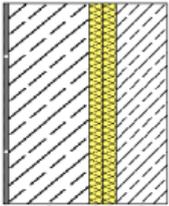
- › Eventuell müssen die Regenfallrohre neu verlegt werden.
- › Die Dachüberstände an Ortsgang und ggf. an der Traufe müssen vergrößert werden.
- › Zur Vermeidung von Wärmebrücken müssen die Fensterbänke außen durch neue, tiefere und wärmebrückenfreie Fensterbänke ersetzt werden, die Roll-ladenkästen entfernt und ersetzt oder wärmege-dämmt werden.

### Vorteile der Maßnahme:

- + Die Behaglichkeit in allen Räumen des Gebäudes steigt.
- + Vermeidung von Bauschäden bzw. Schimmelbildung.
- + Reduktion von Wärmebrücken
- + Der Brennstoff- / Energieverbrauch geht deutlich zurück.

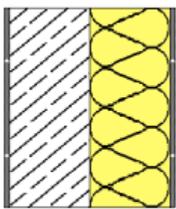


**Kerndämmung (3.2.1)** als Alternative zur Wärmedämmung: Vorteile sind ein geringer Investitionsaufwand und keine Änderung des architektonischen Äußeren. Als Nachteil ist hier insbesondere die nur relativ geringe Energieeinsparung zu nennen. Ebenso wird der geforderte U-Wert (gemäß GEG in Höhe von  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) nicht erreicht.



**Funktionsweise:** In den vorhandenen Luftzwischenraum werden Mineralwollfasern eingeblasen, die vorhandenen Öffnungen werden verschlossen. Es entsteht ein (nun nicht mehr belüfteter) Bauteilaufbau mit Kerndämmung zwischen den beiden Stahlbetonbauteilen.

**Wärmedämmverbundsystem (3.2.2) (WDVS, mit Mineralwolle):** Aus Kostengründen wird die Ausführung WDVS vorgeschlagen.



**Funktionsweise:** Eine Schicht Wärmedämmung wird auf der Außenwand – i. d. R. auf dem tragfähigen Außenputz – vollflächig verklebt, um die Luftdichtheit zu gewährleisten und ggf. mit Dübeln zusätzlich verankert.

Darüber wird ein Armierungsputz aufgezogen, in den ein Glasfasergewebe eingelegt wird. Als Endbeschichtung werden mineralische Putze mit Anstrich oder Kunstharzputze eingesetzt. Der Dämmstoff besteht üblicherweise aus Polystyrol-Hartschaum oder Mineralfaserplatten. Er muss den Anforderungen an Wärmeleitfähigkeit, gegen Feuchtigkeit, an Druck- und Zugfestigkeit sowie an den Brandschutz genügen.

### Schichtenaufbau (von warm nach kalt)

Nr.	Bezeichnung	Dicke cm
1	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50
2	Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	24,00
3	Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	4,00
4	Mineral. Einblasdämmung (WLG 035)	4,00
5	Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	15,00

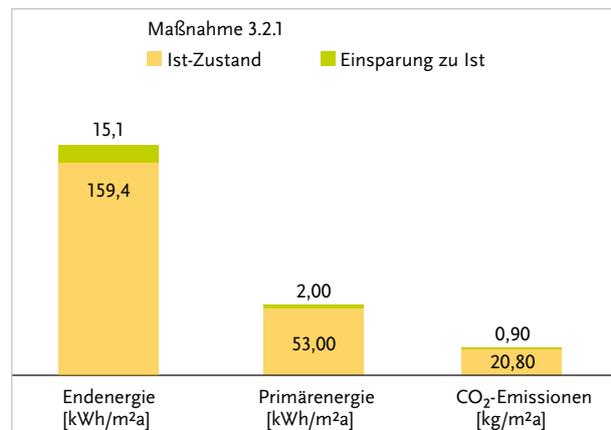


Abbildung 3.2.1: Einsparungseffekte Maßnahme 3.2.1

### Schichtenaufbau (von warm nach kalt)

Nr.	Bezeichnung	Dicke cm
1	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50
2	Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	24,00
3	Mineralwolle (WLG 035)	24,00
4	Leichtputz (< 700 kg/m³)	1,50

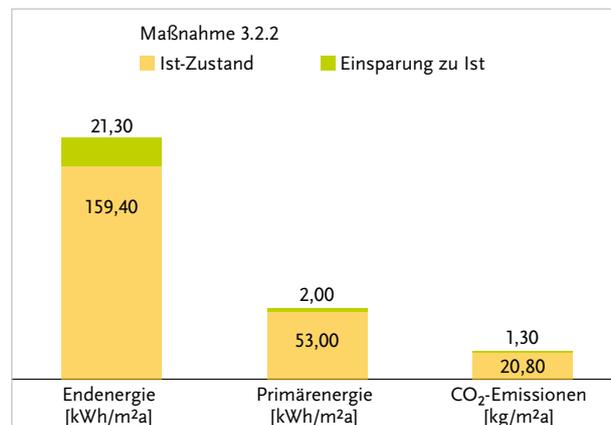
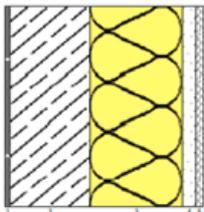


Abbildung 3.2.2: Einsparungseffekte Maßnahme 3.2.2

**Vorgehängte Fassade (3.2.3):** Hier wird eine Ausführung als **wärmegeämmte, vorgehängte, hinterlüftete Fassade** vorgeschlagen. Für die Wärmedämmung werden Naturdämmstoffe (z. B. pflanzliche Faserdämmstoffe, Holzweichfaserplatten, Thermohanf, o. ä.) vorgeschlagen.



Funktionsweise: nach Entfernung der vorhandenen Fassadenbekleidung kann ein Tragsystem sowie die Wärmedämmung (hier: Naturdämmstoffe) angebracht werden.

Danach wird eine Trag- und Konterlattung für die notwendige Hinterlüftung angebracht. Die Bekleidung (Witterungsschutz) kann unterschiedlich (Schieferplatten, Holzschalung etc.) ausgeführt werden.

**Empfohlen wird für das Gebäude die letzte Maßnahme „wärmegeämmte, vorgehängte Fassade“.**

### Schichtenaufbau (von warm nach kalt)

Nr.	Bezeichnung	Dicke cm
1	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50
2	Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	24,00
3	pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	28,00
4	stark belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke (hinterlüftetes Bauteil)	4,00
5	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m <sup>3</sup> )	2,20

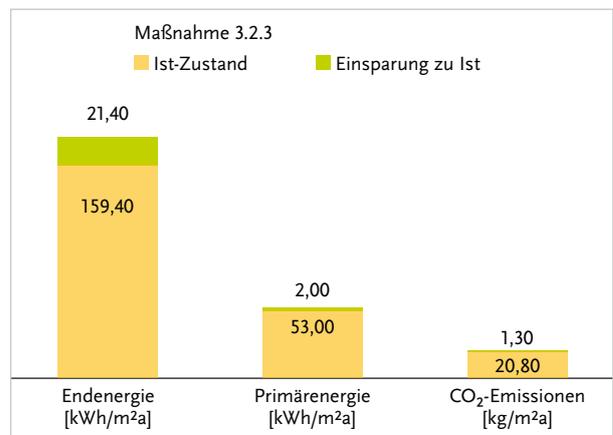


Abbildung 3.2.3: Einsparungseffekte Maßnahme 3.2.3

Tab. 3.2.2: Kostenübersicht der untersuchten Ausführungen

	Kerndämmung (3.2.1)	WDVS (3.2.2)	Vorgehängte Fassade (3.2.3)
Investitionskosten*	340.300 €	492.300 €	542.900 €
Energiebedingte Mehrkosten	287.800 €	294.700 €	345.300 €
Einsparung Kosten	199 €/a	5.500 €/a	4.700 €/a
Amortisationszeit**	30 Jahre	17 Jahre	19 Jahre
Kapitalwert	5.121 €	142.346 €	120.661 €
Lebensdauer Bauteil	>50 Jahre	40 Jahre	50 Jahre
*inkl. Gerüstkosten, hydraulischer Abgleich **Amortisationszeit der energiebedingten Mehrkosten zzgl. Förderung			



### 3.3. Dach

Für die Wärmedämmung der Dachflächen werden je Dachtyp drei verschiedene Dämmstoffe (PUR / PIR-Dämmstoffe, Mineralfaserdämmung und Naturdämmstoffe) untersucht und dargestellt.

**Flachdach:** Massivbauweise (Stahlbeton ca. 18 cm) mit ca. 12 cm Wärmedämmung (Mineralwolle). Die Flächen sind teils bekiest, teilweise mit besandeter Bitumendachbahn belegt. Auf letzterer ist starke Pfützenbildung erkennbar, was früher oder später zu Feuchteschäden führen kann.

**Sattel- / Walmdach** (Bereich Sitzungs-saal): Holzkonstruktion mit ca. 12 cm Zwischensparrendämmung (Mineralwolle), unterseitig beplankt, Dacheindeckung Schiefer in gutem Zustand. Dafür wird eine Wärmedämmung des Daches von außen vorgeschlagen. Dazu müssen zunächst

Dachziegel und Lattung entfernt werden. Dem Innenraum zugewandt wird direkt oberhalb der Sparren eine Dampfbremssolie angebracht und an die angrenzenden Bauteile luftdicht angeschlossen. Die Sparrenzwischenräume werden mit einem Dämmstoff gefüllt. Zusätzlich wird auf die Sparren eine durchgängige Dämmschicht und darüber eine Winddichtung, Lattung und neue Dacheindeckung aufgebracht. Da die Dampfbremse nicht – wie bei Wärmedämmung von innen – durchgängig an der Innenseite unter den Sparren verlaufen kann, ist eine sorgfältige Detailplanung und bauphysikalische Bewertung dieser Konstruktion notwendig. Die Dampfbremse muss auch um die Sparren herum bauphysikalisch richtig liegen, um Bauschäden durch Feuchtigkeit im Bauteil zu vermeiden.

**Um einen besseren sommerlichen Wärmeschutz zu gewährleisten, wird eine Dämmung mittels Naturdämmstoffen (z. B. Schafswolle) empfohlen.**

Tab. 3.3.1: U-Werte der untersuchten Ausführungen

Maßnahme	Dachtyp	Beschreibung	Ist	Saniert
			U-Wert	U-Wert
3.3.1 PUR / PIR-Dämmstoffe	Sattel-/Walmdach	10 cm Aufsparrendämmung, PUR / PIR (WLG 024)	0,46	0,13
	Flachdach	18 cm Aufdachdämmung, PUR / PIR (WLG 024)	0,31	0,13
3.3.2 Mineralfaserdämmung	Sattel-/Walmdach	14 cm Aufsparrendämmung, Mineralwolle (WLG 035)	0,46	0,14
	Flachdach	25 cm Aufdachdämmung, Mineralwolle (WLG 035)	0,31	0,14
3.3.3 Naturdämmstoffe	Sattel-/Walmdach	18 cm Aufsparrendämmung, Holzfaserplatten (WLG 040)	0,46	0,13
	Flachdach	30 cm Aufdachdämmung, pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	0,31	0,13

Nach GEG ist ein mittlerer U-Wert 0,41 W/m<sup>2</sup>K durch den Gesetzgeber vorgeschrieben.

### Vorteile der Maßnahme:

- + Die Behaglichkeit der Räume insbesondere im Dachgeschoss des Gebäudes steigt erheblich.
- + Verbesserter Wärme-, Schall- und Hitzeschutz.
- + Reduktion von Wärmebrücken
- + Der Brennstoff-/Energieverbrauch geht deutlich zurück.

### ! zu beachten !

- Bei Flachdachdämmung ist eine sorgfältig geplante Dachentwässerung notwendig (Gefälle min. 2°).
- Reduktion bzw. exakte Ausführung von Durchdringungen der Dachabdichtung.
- Zur Reduktion der UV-Belastung der Abdichtungsbahn sowie zur Verbesserung von Regenrückhaltung als auch Mikroklima wird zusätzlich eine extensive Dachbegrünung vorgeschlagen.

Tab. 3.3.2: Kostenübersicht der untersuchten Ausführungen

	PUR/PIR-(3.3.1)	Mineralfaser (3.3.2)	Naturdämmstoff (3.3.3)
Investitionskosten*	279.800 €	279.800 €	334.600 €
Energiebedingte Mehrkosten	132.900 €	132.900 €	156.300 €
Einsparung Kosten	2.400 €/a	2.300 €/a	2.400 €/a
Amortisationszeit	16 Jahre	17 Jahre	16 Jahre
Kapitalwert	61.576 €	59.373 €	61.408 €
Lebensdauer Bauteil	40->50 Jahre	40->50 Jahre	40->50 Jahre

\*inkl. Gerüstkosten, hydraulischer Abgleich

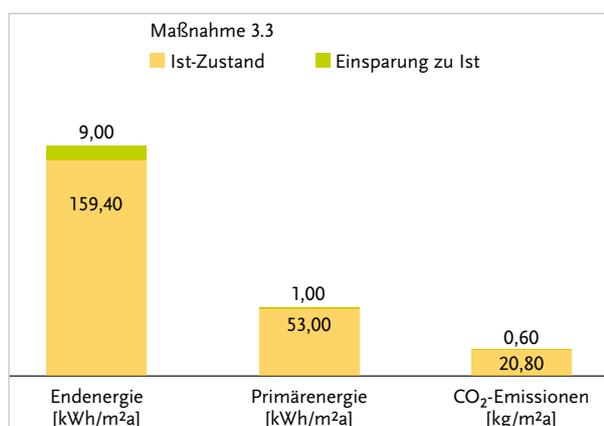


Abbildung 3.3.1: Einsparungseffekte Maßnahme 3.3





### 3.4. Keller

Im Bereich des unbeheizten Kellers ist eine Wärmedämmung für die Kellerdecke und den Kellerabgang anzubringen sowie die Kellertür (Tür zum unbeheizten Keller) auszutauschen. Für die Dämmung werden drei verschiedene Dämmstoffe (PUR / PIR-Dämmstoffe, Mineralfaserdämmung und Naturdämmstoffe) untersucht und dargestellt.

**Kellerdecke:** Stahlbetondecke (massiv), Dicke ca. 18 cm; vermutlich 5 cm Wärmedämmung unter Schwimmemdem Estrich. Unterseite nicht verputzt. Keine ausreichende Wärmedämmung vorhanden! Der Keller (im unbeheizten Bereich) hat eine lichte Raumhöhe von ca. 2,50 m. Deshalb kann die Kellerdecke sehr gut von der Deckenunterseite gedämmt werden. Um die Raumhöhe nicht unnötig zu reduzieren, sollten Dämmstoffe mit sehr geringer Wärmeleitfähigkeit und geringer Dämmstoffstärke verwendet werden.

Funktionsweise: Die Platten / Matten werden unter die Kellerdecke geklebt oder gedübelt, verspachtelt und gestrichen. In Nebenräumen kann eventuell auch auf die Veredelung der Oberfläche verzichtet werden.

**Kellerabgang** (Wand gegen unbeheiztes Kellergeschoss): ohne ausreichenden Wärmeschutz. Zugang zu einfachen Kellertüren (Stahlblech) ohne ausreichende Wärmedämmung sowie ohne Dichtungen; d. h. erhöhte (unkontrollierte) Lüftungsverluste. Die Wand zum unbeheizten Keller hat keinen ausreichenden Wärmeschutz. Mit Blick auf das Gesamtziel „klimaneutrales Gebäude“ sollten auch diese Flächen berücksichtigt werden. Zwar ist die Energieeinsparung dieser Einzelmaßnahme sehr gering, sie hat allerdings

Auswirkungen insbesondere auf eine durchgehend gut wärmegeämmte Gebäudehülle sowie auf die Reduktion von Wärmebrücken.

Mit dieser Maßnahme sollte auch die vorhandene einfache Kellertür (Stahlblech) durch eine wärmegeämmte, dichtschießende Tür ersetzt werden.

#### Vorteile der Maßnahme:

- + Die Behaglichkeit der Räume insbesondere im Erdgeschoss steigt erheblich.
- + Vermeidung von Fußkälte.
- + Reduktion der Brennstoff- und Energiekosten.

#### ! zu beachten !

- › Es empfiehlt sich, die Kellerdecken-dämmung zusammen mit der Heizungssanierung vorzunehmen.
- › Begleitdämmung der angrenzenden Wandflächen zur Reduktion von Wärmebrücken.
- › Brandschutz bei Austausch Kellertür.

**Im Hinblick auf eine optimierte Rentierlichkeit sollte eine Wärmedämmung im Zuge von sowieso anfallenden Maßnahmen bzw. einer Heizungsmodernisierung geprüft werden: Dämmung der Decke mit 16 cm Dämmstoff (Natur-Dämmstoffplatten) und die Dämmung der Wand zum unbeheizten Untergeschoss mit 18 cm Dämmstoffstärke.**

Tab. 3.4.1: U-Werte der untersuchten Ausführungen

Maßnahme	Bauteil	Beschreibung	Ist	Saniert
			U-Wert	U-Wert
3.3.1 PUR / PIR-Dämmstoffe	Kellerdecke	10 cm Dämmstoff (PUR / PIR – Hartschaumplatten) (WLG 028)	0,58	0,19
	Wand gegen unbeheiztes Keller-geschoß	12 cm Dämmstoff (PUR / PIR – Hartschaumplatten) (WLG 028)	2,81	0,22
	Tür zum unbeheizten Keller	wärmege-dämmte, dichtschießende Tür	4,00	1,00
3.3.2 Mineralfaser-dämmung	Kellerdecke	14 cm Dämmstoff (Mineral-wolle-Dämmplatten) (WLG 035)	0,58	0,17
	Wand gegen unbeheiztes Keller-geschoß	16 cm Dämmstoff (Mineral-wolle-Dämmplatten) (WLG 035)	2,81	0,20
	Tür zum unbeheizten Keller	wärmege-dämmte, dichtschießende Tür	4,00	1,00
3.3.3 Naturdämm-stoffe	Kellerdecke	16 cm Dämmstoff (Natur-Dämmstoffplatten) (WLG 040)	0,58	0,17
	Wand gegen unbeheiztes Keller-geschoß	18 cm Dämmstoff (Natur-Dämmstoffplatten) (WLG 040)	2,81	0,20
	Tür zum unbeheizten Keller	wärmege-dämmte, dichtschießende Tür	4,00	1,00

Tab. 3.4.2: Kostenübersicht der untersuchten Ausführungen

	PUR / PIR (3.4.1)	Mineralfaser (3.4.2)	Naturdämmstoffe (3.4.3)
Investitionskosten	18.600 €	35.700 €	38.000 €
Energiebedingte Mehrkosten	17.900 €	35.000 €	37.300 €
Einsparung Kosten	560 €/a	260 €/a	210 €/a
Amortisationszeit	15 Jahre	25 Jahre	26 Jahre
Kapitalwert	14.484 €	6.611 €	5.442 €
Lebensdauer Bauteil	>50 Jahre	>50 Jahre	>50 Jahre

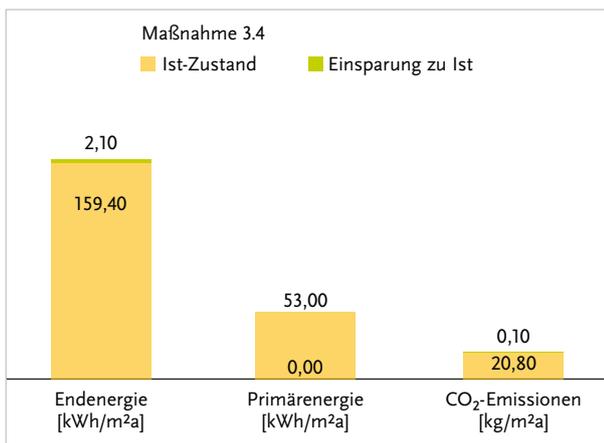


Abbildung 3.4.1: Einsparungseffekte Maßnahme 3.4



### 3.5. Bodenplatte



In dieser Maßnahme ist geplant, eine Wärmedämmung im Bereich der Bodenplatte im nicht unterkellerten Bereich des Erd- bzw. 1. Untergeschosses einzubringen.

Eine Wärmedämmung im nicht unterkellerten Bereich kann nur von der Raumseite aus stattfinden. Hierzu müssen die Bodenbeläge sowie der vorhandene Fußboden entfernt, ausgebaut und entsorgt werden. Um die vorhandenen Anschlüsse, insbesondere zu Treppen und Türen, nicht ändern zu müssen, sollten Dämmstoffe mit sehr geringer Wärmeleitfähigkeit und geringer Dämmstoffstärke verwendet werden.

Hierzu wird eine Wärmedämmung aus 5 cm Dämmstoff (Vakuumisolierpaneel) mit einer WLG von 0,004 W/m<sup>2</sup>K verwendet. Diese Platten werden auf der Bodenplatte verlegt und mit einer Schutzfolie gegen mechanische Beanspruchung sowie Beschädigung geschützt. Anschließend wird wieder ein schwimmender Estrich aufgebracht, welcher mit gängigen Bodenbelägen belegt werden kann.

Tab. 3.5.1: Kostenübersicht

Investitionskosten 314.400 €
Energiebedingte Mehrkosten 314.400 €
Einsparung Kosten -4.040 €
Amortisationszeit keine
Kapitalwert -104.300 €
Lebensdauer Bauteile 30 Jahre

#### Vorteile der Maßnahme:

- + Die Behaglichkeit der Räume insbesondere im Erdgeschoss steigt erheblich.
- + Vermeidung von Fußkälte.
- + Reduktion der Brennstoff- und Energiekosten.

#### ! zu beachten !

- > Kann gut als Einzelmaßnahme umgesetzt werden, idealerweise in Verbindung mit evtl. späterer Sanierung der Fußböden.
- > Bei der Beschädigung/Perforation der Platten verlieren diese einen Großteil ihrer Dämmleistung.

**Dieses Maßnahmenpaket ist momentan nicht wirtschaftlich. Im Zuge einer eventuell später geplanten Sanierung der Fußböden kann diese Maßnahme auch wirtschaftlich umgesetzt werden.**

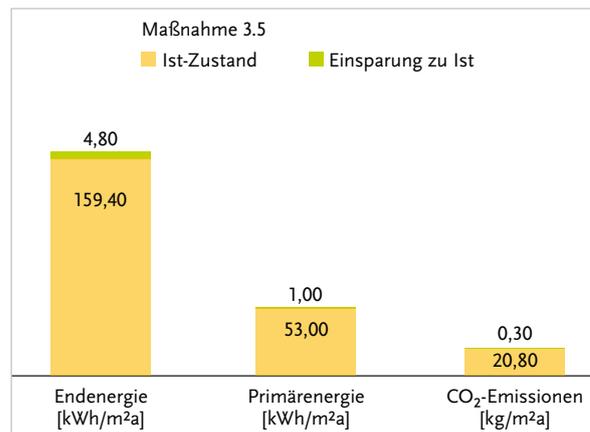
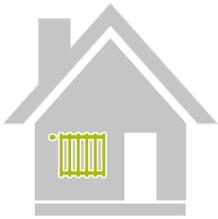


Abbildung 3.6.1: Einsparungseffekte Maßnahme 3.5

### 3.6. Heizungsoptimierung



Unter dem Begriff Heizungsoptimierung wird eine Reihe von Maßnahmen zusammengefasst, die zum einen zur Effizienzsteigerung führen und zum anderen

helfen, die Energieverluste im Anlagensystem zu mindern.

Zu den Maßnahmen zur Optimierung der Heizungsanlage zählen hier:

- Verbesserung der Wärmeübergabe mittels Thermostaten mit hoher Regelgenauigkeit (1 Kelvin) bzw. mit elektronischer Optimierungsfunktion
- Zusätzliche Dämmung der Verteilungen und Armaturen
- Durchführung eines hydraulischen Abgleichs

Tab. 3.6.1: Kostenübersicht

Investitionskosten 35.000 €
Energiebedingte Mehrkosten 35.000 €
Einsparung Kosten 1.400 €/a
Amortisationszeit* 10 Jahre
Kapitalwert 19.779 €
Nutzungsdauer 15 Jahre
*der energiebedingten Mehrkosten abzgl. Förderungen

#### Vorteile der Maßnahme:

- + Verbesserung der Wärmeverteilung.
- + Höhere Regelgenauigkeit.
- + Reduktion von Energie- und Brennstoffkosten.

#### ! zu beachten !

- › Diese Maßnahme kann sehr gut als Einzelmaßnahme umgesetzt werden.
- › Begleitdämmung der angrenzenden Wandflächen zur Reduktion von Wärmebrücken ist zu empfehlen.
- › Brandschutz bei Austausch Kellertür.

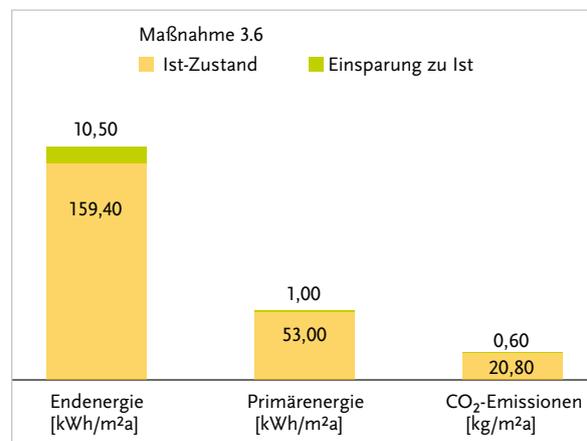


Abbildung 3.6.1: Einsparungseffekte Maßnahme 3.6

### 3.7. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG)



Welche Lüftungsanlage im Gebäude die sinnvollste Lösung wäre, muss im Zuge einer Fachplanung (in Abhängigkeit weiterer Sanierungsmaßnahmen wie z.B. Fensteraustausch) überprüft werden. Daher wurde hier nur eine sehr grobe Kostenschätzung zugrunde gelegt. Angesetzt wurde eine dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG: ca. 85 %). Der Einbau könnte unterhalb von Fenstersturz und seitlicher Laibung oder im Blendrahmen der Fenster(-elemente) erfolgen. Grundsätzlich ist hierfür eine luftdichte Gebäudehülle wichtig und durch eine Dichtheitsmessung nachzuweisen.

#### Vorteile der Maßnahme:

- + Die Behaglichkeit steigt erheblich.
- + Sommerlicher Wärmeschutz, Vermeidung von Überhitzung (erhöhte Nachtlüftung).

Eine Wirtschaftlichkeit der Lüftungsanlage ist zwar nicht gegeben, doch sie trägt deutlich zur Komfortverbesserung bei.

Tab. 3.7.1: Kostenübersicht

Investitionskosten 144.000 €
Energiebedingte Mehrkosten 144.000 €
Einsparung Kosten -3.900 €/a
Amortisationszeit keine
Kapitalwert -54.416 €
Lebensdauer Bauteil 15 Jahre

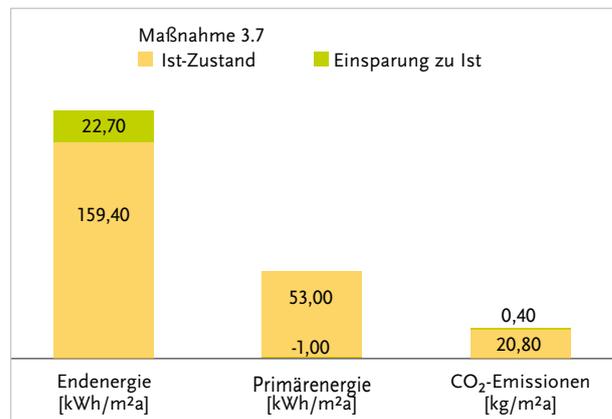


Abbildung 3.7.1: Einsparungseffekte Maßnahme 3.7



### 3.8. Beleuchtung



Die vorhandene Beleuchtung, bei der es sich größtenteils um Leuchtstoffröhren (T8 / T5) mit verlustarmen Vorschaltgeräten (VVG) in den Deckeneinbauleuchten handelt, wird gegen LED-Leuchtmittel ausgetauscht. Eine tageslicht- bzw. präsenzabhängige Steuerung wird nachgerüstet.

Tab. 3.8.1: Kostenübersicht

Investitionskosten 70.000 €
Energiebedingte Mehrkosten 45.000 €
Einsparung Kosten 4.200 €/a
Amortisationszeit 6 Jahre
Kapitalwert 62.568 €
Lebensdauer Bauteile 15 Jahre

#### Vorteile der Maßnahme:

- + Hohe Lichtausbeute bei großer Stromersparnis
- + Dimmbarkeit der Leuchtmittel möglich

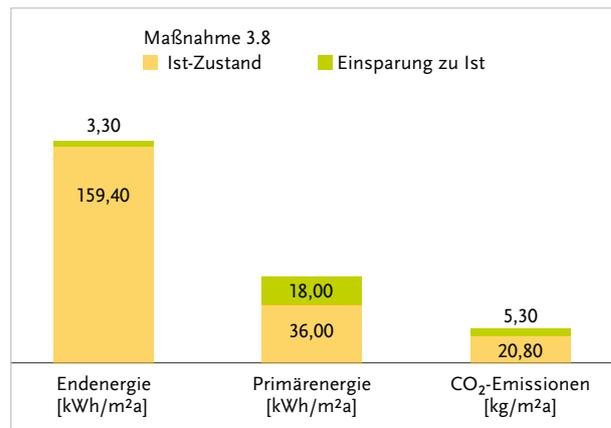


Abbildung 3.8.1: Einsparungseffekte Maßnahme 3.8

### 3.9. PV-Anlage



Die 2016 auf dem Flachdach installierte Photovoltaikanlage hat eine Peakleistung von 9,88 kW.

Tab. 3.9.1: Kostenübersicht

Investitionskosten 145.000 €
Energiebedingte Mehrkosten 145.000 €
Einsparung Kosten 20.300 €/a
Amortisationszeit 7 Jahre
Kapitalwert 281.408 €
Lebensdauer Bauteil 30 Jahre

Ergänzend zu der bereits vorhandenen PV-Anlage sollten zwei weitere Anlagen von je 600 m<sup>2</sup> und 521 m<sup>2</sup> Fläche und Leistungen von 109 und 99 kWp installiert werden.

#### Vorteile der Maßnahme:

- + hoher Autarkiegrad.
- + Der erzeugte Strom kann größtenteils selbst genutzt werden.
- + hohe Wirtschaftlichkeit der Investition.
- + hohes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial.
- + Reduktion von Energiekosten.

## 4. Varianten

Für das Verwaltungsgebäude wurden drei verschiedene Sanierungsvarianten betrachtet. Die Zusammenstellung der einzelnen Maßnahmen je Variante erfolgte unter dem Aspekt, die Möglichkeiten der Sanierung mit unterschiedlichen Materialien darzustellen. Außerdem wurden Unterschiede hinsichtlich Einsparpotenzial, Investitionskosten, Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung berücksichtigt. Bei der Umweltwirkung wurde neben den Lebenszykluskosten bzw. der Ökobilanz auch das Recyclingpotenzial der verwendeten Baustoffe berücksichtigt.

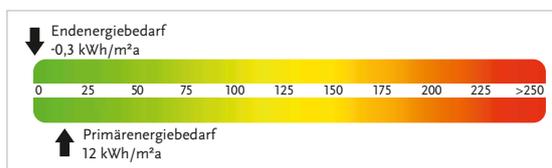
Zudem wurde darauf geachtet, dass (insbesondere) bei den Maßnahmen an der Gebäudehülle Wärmebrücken minimiert und Bauschäden vermieden werden können.

Die Endenergie-Einsparpotenziale und zeitlichen Abläufe der Maßnahmen sind relativ ähnlich.

- Variante 1 (min): geringste Investition, Kerndämmung, PUR / PS-Dämmstoffe



- Variante 2 (mid): mittlere Investitionen, MiWo-Dämmstoffe



- Variante 3 (max): höchste Investitionen, Natur-Dämmstoffe, beste Ökobilanz



Wie eingangs erwähnt, sind Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle nicht zu empfehlen. Die Maßnahmen (Fenster / Außenwände / Dachflächen) sollten stets kombiniert werden; die Einzeldarstellung dient lediglich zur vergleichenden Gegenüberstellung.

Bei allen Varianten können mit einem entsprechenden Investitionsvolumen große Energieeinsparpotenziale realisiert werden. Die Endenergieeinsparungen reichen dabei von ca. 97 % in Variante 1 bis hin zu 100 % in Variante 2 und 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 Schritte der 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 (2022/2024)

**Sofortmaßnahmen:** Als leichtes und geringinvestiv umzusetzendes Endenergieeinsparpotenzial bietet sich der Wechsel der Bestandsbeleuchtung in eine **LED-Beleuchtung** an.

Die **Fenster** sind bereits über 50 Jahre alt und weisen starke Abnutzungserscheinungen auf.

Tab. 4.0.1-1: Vergleichende Betrachtung der U-Werte für die einzelnen Bauteile je nach Variante

Bauteil	Fläche	U-Wert IST	U <sub>max</sub> GEG	U <sub>max</sub> KfW	Bewertung IST	
	m <sup>2</sup>	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	Abweichung GEG	Abweichung %
Flachdach	1.040	0,31	0,20	0,14	0,11	55%
Sattel-/Walmdach	62	0,46	0,24	0,14	0,22	92%
Dachluke	1	3,50	1,80	1,30	1,70	94%
Haustür	2,2	5,00	1,80	1,30	3,20	178%
Haustür Glas	4,3	4,30	1,80	1,30	2,50	139%
Tür zu Keller unbeheizt	2	4,00	1,80	1,30	2,20	122%
Aussenwand 1	888	0,73	0,24	0,20	0,49	204%
Aussenwand 2	68	0,83	0,24	0,20	0,59	246%
Aussenwand 3	46	0,78	0,24	0,20	0,54	225%
Aussenwand 4	93	0,73	0,24	0,20	0,49	204%
Außenwand Erdreich	247	0,80	0,30	0,25	0,50	167%
Wand geg. Keller	20	2,81	0,30	0,25	2,51	837%
Lichtkuppel 1	3	3,00	1,40	0,95	1,60	114%
Lichtkuppel 2	23	4,30	1,40	0,95	2,90	207%
Fenster	669	4,30	1,30	0,95	3,00	231%
Fenster bunt	9	4,30	1,30	0,95	3,00	231%
Bodenplatte	211	0,65	0,30	0,25	0,35	117%
Fußboden UG 1	687	0,65	0,30	0,25	0,35	117%
Decke über KG	207	0,58	0,30	0,25	0,28	93%

Tab. 4.0.1-2: Vergleichende Betrachtung der U-Werte für die einzelnen Bauteile je nach Variante

Bauteil	U-Wert Variante 1	U-Wert Variante 2	U-Wert Variante 3
	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]
Flachdach	0,13	0,14	0,14
Sattel-/Walmdach	0,13	0,14	0,13
Dachluke	1,00	1,00	1,00
Haustür	1,00	1,00	0,84
Haustür Glas	1,00	1,00	0,84
Tür zu Keller unbeheizt	1,00	1,00	1,00
Aussenwand 1	0,388	0,137	0,136
Aussenwand 2	0,156	0,156	0,138
Aussenwand 3	0,156	0,156	0,148
Aussenwand 4	0,164	0,164	0,136
Außenwand Erdreich	0,80	0,80	0,80
Wand geg. Keller	0,215	0,201	0,203
Lichtkuppel 1	1,00	1,00	1,00
Lichtkuppel 2	1,00	1,00	1,00
Fenster	0,84	0,84	0,84
Fenster bunt	0,84	0,84	0,84
Bodenplatte	0,12	0,12	0,12
Fußboden UG 1	0,65	0,65	0,65
Decke über KG	0,189	0,173	0,173
Erreichter Standard:	EH 70	EH 55	EH 40

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.

Eine Wärmedämmung der **Außenwände** ist zwar vorhanden; den Mindestwärmehitzwiderstand nach DIN 4108-2 (1,20 m<sup>2</sup>K/W) einzuhalten, entspricht aber nicht mehr einer zeitgemäßen Wärmedämmung und verursacht entsprechende Wärmeverluste. Empfohlen wird ein gleichzeitiger Austausch der Fenster und eine Wärmedämmung der Außenwände, um Kosten für den Gerüstbau zu sparen.

Auch die **Dachflächen** inkl. Dachfenster weisen einen schlechten energetischen Zustand auf und sollten in diesem Schritt mit saniert bzw. ausgetauscht werden. Auf den Bitumendachbahnen der Dachflächen

ist eine starke Pfützenbildung erkennbar, was früher oder später zu Feuchteschäden führen kann.

Zum unbeheizten **Keller** hin entstehen über die Kellerdecke und teilweise auch über die Türen und Wände ebenfalls Wärmeverluste. Geplant ist, eine Wärmedämmung im Bereich des unbeheizten Kellers anzubringen; hierzu gehören die Decke über UG 2 sowie Wand zu unbeheiztem UG, inkl. Austausch der Kellertür.

## Schritt 2: Umsetzung bis 2025

Nach der Sanierung der Dachflächen: Ausbau der **PV-Anlage**. Installation weiterer PV-Module auf drei weiteren Dachflächen, die bislang ungenutzt sind. Durch die Eigenstromnutzung wird ein hohes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial erreicht.

## Schritt 3: bis 2050

Sanierung der Bodenplatte EG / UG 1.



#### 4.1. Variante 1: geringste Investitionskosten und EH 70 bis 2050

Bei Variante 1 handelt es sich um die geringinvestivste Variante zur Sanierung des Gebäudes. Durch die Dämmung der Gebäudehülle unter Verwendung klassischer Dämmstoffe kann bis 2050 ein klimaneutraler Betrieb des Gebäudes realisiert werden.

Der Primärenergiebedarf wird um 77,1 % auf 34.424 kWh/a reduziert.

Tab. 4.1.1: Sanierungsfahrplan Variante 1

Zustand / Jahr	Maßnahme	Invest
 1980 Baujahr unsaniert		
 2010/2016 unsaniert	Anschluß regenerative Nahwärme	
 2022/2024 EH EE 70	Austausch <b>Fenster/Türen</b> Wärmedämmung <b>Außenwände</b> Wärmedämmung <b>Dachflächen</b> Wärmedämmung unbeheizter <b>Keller</b> Heizungsoptimierung Lüftungsanlage + WRG LED Optimierung	1.1 714.900 € (mit NK) 2.1 306.300 € (ohne NK) 3.1 245.800 € (ohne NK) 4.1 18.600 € (keine NK) 5 35.000 € (keine NK) 6 140.000 € (o. zus. NK) 7 70.000 € (keine NK)
 2025 EH EE 70	Erweiterung der PV-Anlage	145.000 €
 2050 EH EE 70	Sanierung Fußboden (UG1/EG)	314.400 €

Bilanziert man den Jahresbrennstoff- und Strombedarf unter Berücksichtigung des in das Netz eingespeisten PV-Stromes, ergibt sich folgender CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

Tab. 4.1.2: Variante 1: Prognostizierte Einsparungen

Bezeichnung	Ist-Zustand	2022/2024	2025	2050
Endenergiebedarf gesamt [kWh/m <sup>2</sup> a]	157	40	8	4
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/m <sup>2</sup> a]	53	28	13	12
Investitionskosten [€]	0	1.569.600	145.000	269.500
CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/m <sup>2</sup> a]	19	8	-10	-10

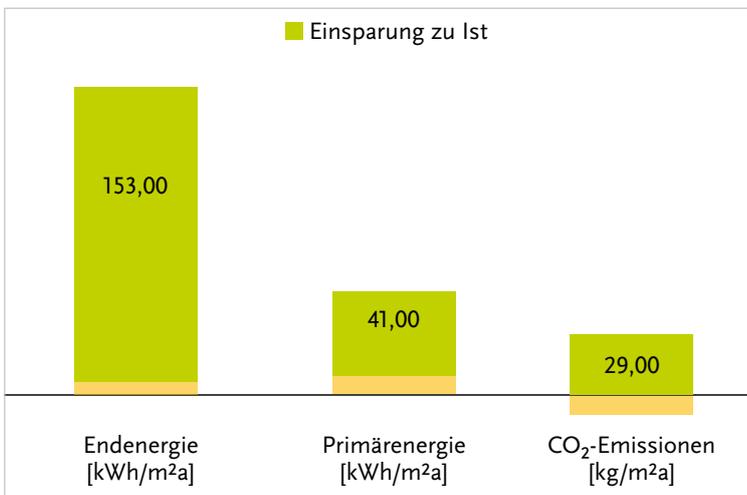


Abbildung 4.1.1: Variante 1: Einsparungseffekte

## 4.2. Variante 2: mittlere Investitionskosten und EH 55 bis 2050

In Variante 2 wird der Sanierungsfahrplan ähnlich Variante 1 als schrittweise energetische Sanierung bis 2050 dargestellt. Die Maßnahmen und angestrebten Zeitpunkte zu deren Durchführung sind ebenfalls gleich

– es ändern sich ausschließlich die zur Sanierung eingesetzten Baustoffe. Auch mit dieser Variante wird bis 2050 Klimaneutralität erreicht.

Tab. 4.2.1: Sanierungsfahrplan Variante 2

Zustand / Jahr	Maßnahme	Invest
 1980 Baujahr unsaniert		
 2010/2016 unsaniert	Anschluß regenerative Nahwärme	
 2022/2024 EH EE 70	Austausch <b>Fenster</b> /Türen	1.2 894.100 € (mit NK)
	Wärmedämmung <b>Außenwände</b>	2.2 492.300 € (mit NK) <b>458.300 € (ohne NK)</b>
	Wärmedämmung <b>Dachflächen</b>	3.2 279.800 € (mit NK) <b>245.800 € (ohne NK)</b>
	Wärmedämmung unbeheizter <b>Keller</b>	4.2 35.800 € (keine NK)
	Heizungsoptimierung	5 35.000 € (=)
	Lüftungsanlage + WRG	6 140.000 € (ohne NK) 144.000 € (mit NK*)
	LED Optimierung	7 70.000 € (=)
 2025 EH EE 70	Erweiterung der PV-Anlage	145.000 €
 2050 EH EE 70	Sanierung Fußboden (UG1/EG)	314.400 €

\*Blower-Door-Test

Tab. 4.2.2: Variante 2: Prognostizierte Einsparungen

Bezeichnung	Ist-Zustand	2022/2023	2025	2050
Endenergiebedarf gesamt [kWh/m <sup>2</sup> a]	157	35	3	0
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/m <sup>2</sup> a]	53	27	12	12
Investitionskosten [€]	0	1.879.000	145.000	269.500
CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/m <sup>2</sup> a]	19	8	-10	-10

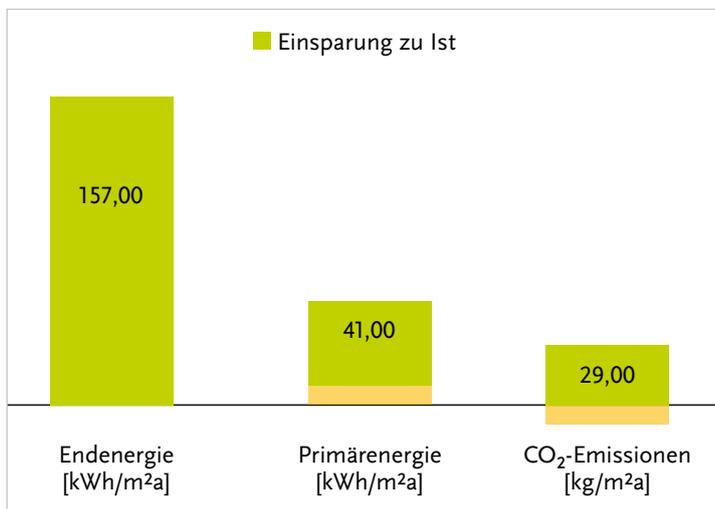


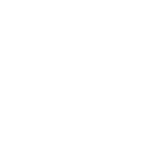
Abbildung 4.2.1: Variante 2: Einsparungseffekte

### 4.3. Variante 3: höchste Investitionskosten, beste Ökobilanz, EH 40 bis 2050

Variante 3, die auch zur Durchführung für die VG Altenkirchen empfohlen wird, zeigt einen Sanierungsfahrplan mit dem Einsatz natürlicher Dämmstoffe. Der Fokus liegt hier auf möglichst geringen Lebenszykluskosten und hohem Recyclingpotenzial.

Wie in den anderen Varianten auch, wird das Gebäude bis 2050 klimaneutral.

Tab. 4.3.1: Sanierungsfahrplan Variante 3

Zustand / Jahr	Maßnahme	Invest
 1980 Baujahr unsaniert		
 2010/2016 unsaniert	Anschluß regenerative Nahwärme	
 2022/2024 EH EE 70	Austausch <b>Fenster</b> /Türen	1.3 929.100 € (mit NK)
	Wärmedämmung <b>Außenwände</b>	2.3 542.900 € (mit NK) <b>508.900 € (ohne NK)</b>
	Wärmedämmung <b>Dachflächen</b>	3.3 334.600 € (mit NK) <b>300.600 € (ohne NK)</b>
	Wärmedämmung unbeheizter <b>Keller</b>	4.3 38.000 € (keine NK)
	Heizungsoptimierung	5 35.000 € (=)
	Lüftungsanlage + WRG	6 140.000 € (ohne NK) 144.000 € (mit NK*)
	LED Optimierung	7 70.000 € (=)
 2025 EH EE 70	Erweiterung der PV-Anlage	145.000 €
 2050 EH EE 70	Sanierung Fußboden (UG1/EG)	314.400 €

\*Blower-Door-Test

Tab. 4.3.2: Variante 3: Prognostizierte Einsparungen

Bezeichnung	Ist-Zustand	2022/2023	2025	2050
Endenergiebedarf gesamt [kWh/m <sup>2</sup> a]	157	27	12	12
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/m <sup>2</sup> a]	53	35	63	0
Investitionskosten [€]	0	2.022.000	145.000	269.520
CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/m <sup>2</sup> a]	19	8	-10	-10

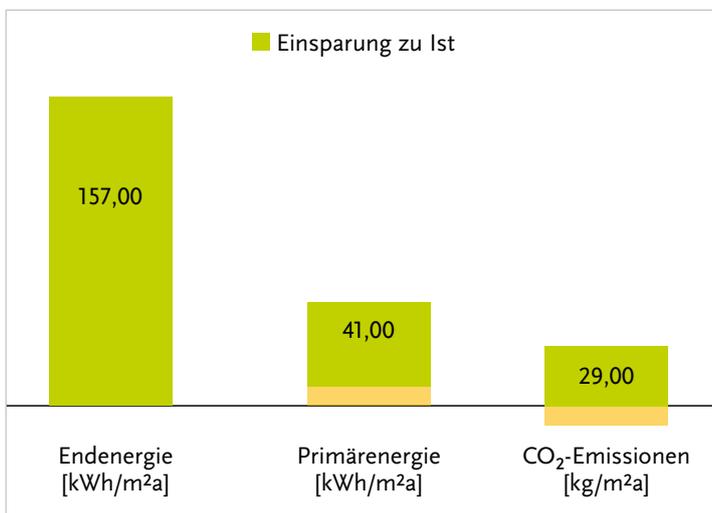


Abbildung 4.3.1: Variante 3: Einsparungseffekte

## 5. Begrünung Flachdach

Ein Gründach ist eine Dachfläche, die planmäßig mit einer Begrünung aus z.B. Sedum, Moosen, Gräsern, aber auch Pflanzenstauden bis hin zu Büschen und Bäumen bepflanzt ist. Eine Dachbegrünung hat viele Vorteile. Sie wertet das Gebäude optisch auf und dient (vor allem in Großstädten) oftmals als „Ersatz-Garten“ – ein Pluspunkt für den Wert einer Immobilie. Gründächer haben aber auch bauphysikalische und ökologische Vorzüge.

Die Pflanzen wirken als natürlicher Schutzschild für die Dachabdichtung. Sie gleichen Extremtemperaturen aus und schirmen Umwelteinflüsse wie Hagel, Regen oder UV-Strahlung ab. Die daraus resultierende reduzierte Belastung der Dichtung führt dazu, dass Dachsanierungen seltener notwendig sind. Verschiedene Studien zeigen, dass die Temperaturen und Temperaturschwankungen auf Gründächern deutlich moderater ausfallen als auf Referenzdächern, die mit Kies oder Bitumen bedeckt sind.

Gleichzeitig haben Dachbegrünungen positive Effekte auf die Umwelt, z.B.:

- Kontinuierliche Luftbefeuchtung: Pflanzen speichern einen großen Teil des Regenwassers und lassen es anschließend verdunsten.
- Gleichzeitig filtern sie Staub und Schadstoffe und verbessern die Luftqualität.
- Natürliche Klimaregulation: Gründächer funktionieren im Winter als Wärmedämmung und schützen die Räumlichkeiten im Sommer vor hohen Temperaturen. Das Ergebnis sind wohltemperierte Zimmer und reduzierte Energiekosten.
- Lebensraum Gründach: Dachbepflanzungen schaffen neuen Lebensraum für zahlreiche Tierarten.

- Erhöhter Schallschutz des Daches: Gründächer vermindern Schallreflexionen um bis zu 3 dB. Die Schalldämmung innen wird bis zu 8 dB verbessert.

Es gibt zwei Formen von Dachbegrünungen: intensiv und extensiv. Ausschlaggebend für die Unterscheidung ist die Art der Bepflanzung.

### Extensive Dachbegrünungen

Extensive Dachbegrünungen sind naturnah angelegte Vegetationsformen mit niedriger Wuchsform. Die zumeist geschlossene Vegetationsschicht besteht aus Pflanzen, die nur selten bewässert werden müssen und auch hohen Temperaturen standhalten. Das sind vor allem Moose und Gräser, auch eine Bepflanzung mit verschiedenen Sedumarten findet häufig statt. Extensive Dachbegrünungen findet man auf nicht genutzten Flachdächern, da sie lediglich ein- bis zweimal pro Jahr zur Kontrolle betreten werden müssen.

### Intensive Dachbegrünungen

Intensive Dachbegrünungen werden auch Dachgärten genannt. Bei dieser Variante finden zahlreiche verschiedene Pflanzen, Stauden und Sträucher, im Einzelfall sogar Rasenflächen und Bäume, auf dem Flachdach Platz. Intensive Dachbegrünungen müssen regelmäßig mit Wasser und Nährstoffen versorgt werden, weshalb hier ein größerer Pflegeaufwand besteht. Ein intensiv begrüntes Flachdach ist also immer begehbar. Dank zahlreicher Gestaltungsmöglichkeiten, wie die Kombination mit Terrassenflächen, Sitzgelegenheiten und Gehwegen, erhöhen Intensivbegrünungen den Wohnwert eines Gebäudes und bringen ein Stück Natur in dicht bebaute Siedlungen.

Die Art der Bepflanzung hängt neben dem Aufwand der Pflege von der Belastbarkeit des Dachs ab.

Die Tragfähigkeit der Dachkonstruktion ist ausschlaggebend dafür, ob auf einem Dach Bäume oder ein Kräutergarten, oder nur flach wachsende Bodendecker gepflanzt werden können. Ein begrüntes Dach darf nicht das für das Gebäude zulässige Gesamtgewicht überschreiten. Sicherheitshalber sollte die Dachlast vor der Begrünung von einem Experten geprüft werden.

Grob unterschieden werden dabei drei Kategorien:

- Extensivbegrünung: 60 bis 150 kg Last pro Quadratmeter
- Einfache Intensivbegrünung: 150 bis 200 kg Last pro Quadratmeter
- Intensivbegrünung: ab circa 200 kg Last pro Quadratmeter

Das maximal mögliche Gewicht hat nicht nur Auswirkungen auf Art und Materialien der Dachkonstruktion, sondern auch auf

die Zusammenstellung der Erdmischungen und die Auswahl der Pflanzen. Diese müssen außerdem zu den Standortbedingungen passen. Zusammengenommen führen diese Effekte zu einer deutlich verlängerten Lebensdauer einer begrünter Dachabdichtung gegenüber einer unbegrünter Bitumenabdichtung. Fachleute gehen davon aus, dass ein Gründach etwa doppelt so lange ohne Reparaturen und Komplettanierungsmaßnahmen auskommt wie ein herkömmliches Dach.

### Energieeinsparung

Gründächer wirken wärmedämmend im Winter und als Hitzeschild im Hochsommer. Die sommerlichen Temperaturen liegen in einem begrünter Gebäude im Schnitt rund 3 bis 4° C unter denen eines unbegrünter und ungedämmter Dachs. So werden Extremtemperaturen im Innern vermieden, was das Wohlbefinden steigert. Im Winter profitieren Gründachbesitzer von Dämmungseffekten, die den Energieverbrauch und damit die Energiekosten senken.

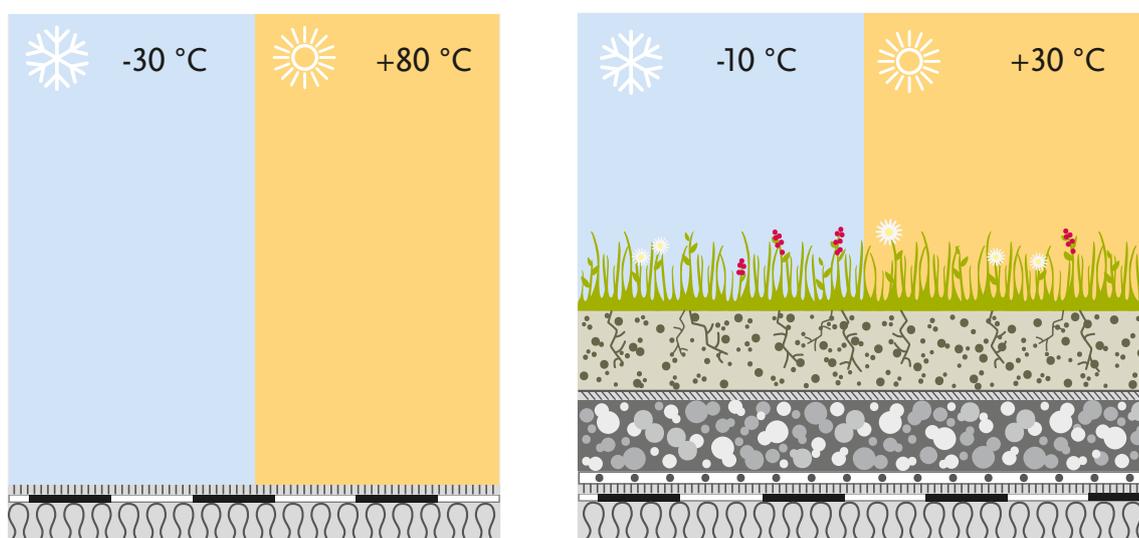


Abb. 5.0.1: Thermische Belastung der Dachabdichtung ohne und mit Begrünung

## **Ökologische Ausgleichsflächen**

Dachbegrünungen sind in stadtplanerischer Hinsicht ein Instrument im Sinne der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung. Sie bieten dauerhafte Lebensräume für Pflanzen und Tiere, die Rast-, Futter-, Nist- und Brutgelegenheiten benötigen.

### **Erhalt der Artenvielfalt**

Begrünte Dächer bieten nicht nur Pflanzen, sondern zudem vielen Lebewesen wichtige Lebensräume – auch mitten in der Stadt. Bienen und Wildbienen, Käfer, Schmetterlinge, Ameisen und Wanzen sind auf Gründächern zu finden. Darunter befinden sich nicht selten Arten, die auf der Roten Liste als gefährdet eingestuft werden. So leisten Dachbegrünungen einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Artenvielfalt.

### **Verbesserung des Kleinklimas**

Durch die Evaporation und Transpiration der begrünten Dachfläche verdunstet das zurückgehaltene Regenwasser und kühlt so die Luft in der Umgebung.

### **Luftreinigung und Bindung von Staub und CO<sub>2</sub> in der Luft**

Feinstaub und Luftschadstoffe sowie CO<sub>2</sub> werden durch die begrünte Dachfläche herausgefiltert und im Substrat gebunden, abgebaut und von den Pflanzen aufgenommen. Das Wachstum der Pflanzen senkt die CO<sub>2</sub>-Belastung, indem das Treibhausgas dauerhaft gebunden wird.

### **Erhöhung des Wirkungsgrads von Photovoltaik-Anlagen**

Wird eine Photovoltaik-Anlage auf einem Gründach montiert, so lässt sich hierdurch die Wirkungsweise der Solar-Anlage um 4 bis 5 % steigern.\*

## **Angenehmeres Wohn- und Arbeitsumfeld**

Begrünte Dächer leisten einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen Bauen. Sie verbessern das Wohn- und Arbeitsumfeld der Menschen, dienen als zusätzlicher Wohnraum, als Sport- und Spielfläche oder als Begegnungsstätten.

### **Lärm- und Schallschutz**

Dachbegrünungen tragen zur Luftschalldämmung bei und damit zur Reduktion des Straßen- und Fluglärms. Aufgrund der größeren Schwingungsträgheit der Gesamtfläche und der guten Schalladsorption der Vegetation wird der Lärm gedämpft.

### **Zusätzlicher Wohn- und Lebensraum**

Streng genommen ist ein unbegrüntes Dach „verschenkter Platz“. Denn auf den Dächern vieler Gebäude und selbst auf Garagen, Carports und Anbauten können mit einer Dachbegrünung wertvolle Nutzflächen und begehbare Dachgärten entstehen. Grünflächen inmitten der Stadt, die sich aufgrund der hohen Preise für Bauland und des Platzmangels ansonsten nicht realisieren ließen.

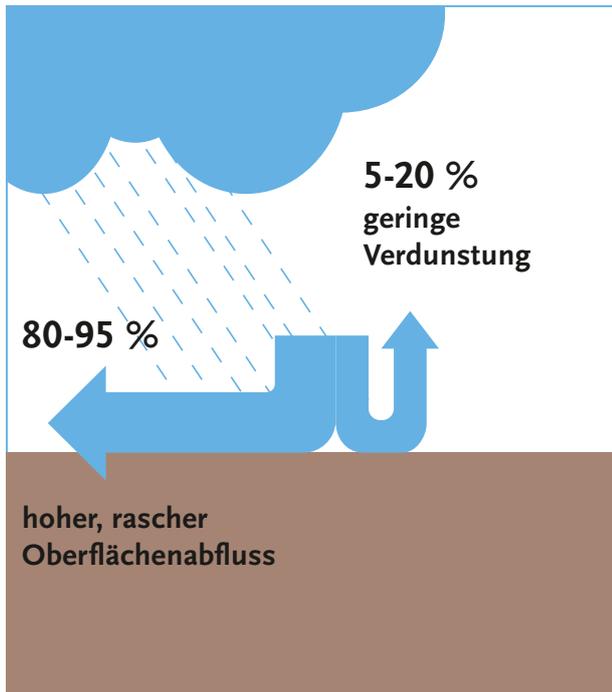
### **Schutz vor Elektromog und Mobilfunk-Strahlung**

Begrünte Dächer bewirken eine Strahlungsdämpfung im Frequenzbereich des Mobilfunknetzes und schnurloser Telefone.

### **Regenwasserrückhalt, Speicherung von Regenwasser und Retention**

Extensiv begrünte Dächer halten im Jahresmittel etwa 60 bis 90 % des Gesamtniederschlags zurück. Bei Intensivbegrünungen können es sogar bis zu 99 % des Niederschlags sein. Dadurch werden die maximalen Abflussspitzen bei Starkregenereignissen um 50 bis 100 % gemindert.

Wasserkreislauf ohne Dachbegrünung



Wasserkreislauf mit Dachbegrünung

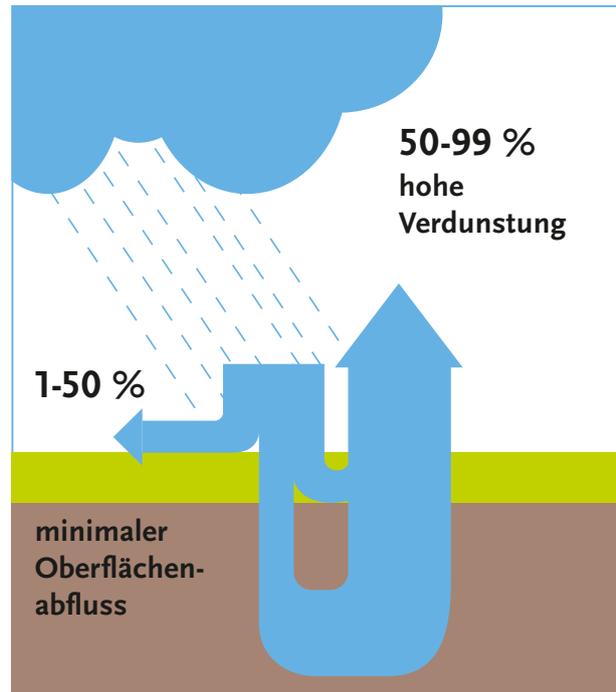


Abb. 5.0.2: Wasserkreislauf mit und ohne Dachbegrünung

Das Regenwasser gelangt erst mit Verzögerung in die Kanalisation, was das Risiko von Überlaufen und Überschwemmungen minimiert. In Kommunen mit einer gesplitteten bzw. gespaltenen Abwassersatzung lassen sich so zudem Abwasserkosten sparen.

### Fazit

Extensive Dachbegrünungen tragen dazu bei, CO<sub>2</sub> aus der Luft dauerhaft in Form von Kohlenstoff zu binden. Die oberirdische Biomasse einer dreijährigen extensiven Dachbegrünung kann unabhängig von der Vegetationsform mindestens zwischen 0,8 und 0,9 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> aufnehmen.

Modellrechnungen haben ergeben, dass die CO<sub>2</sub>-Aufnahme einer extensiven Begrünung bis zu 1,2 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> bzw. 1,2 t CO<sub>2</sub> je 1.000 m<sup>2</sup> Dachfläche betragen kann. Intensive Begrünungssysteme können bis zu 2,9 kg / m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> aufnehmen, was umgerechnet 2,9 t CO<sub>2</sub> je 1.000 m<sup>2</sup> entspricht.

Es ist demzufolge durchaus sinnvoll, versiegelte Flächen zu begrünen, da dadurch die verlorengegangenen CO<sub>2</sub>-Senken wieder zurückgewonnen werden können.

Es hat sich gezeigt, dass extensive Dachbegrünungen durch die Aufnahme von CO<sub>2</sub> einen nicht zu unterschätzenden Beitrag für den Umweltschutz leisten können. (Quelle: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin Philipstraße 13, 10115 Berlin)

Bei einer Dachfläche von 1.044 m<sup>2</sup> bedeutet dies für das betrachtete Gebäude:

CO<sub>2</sub>-Aufnahme einer extensiven Begrünung  
 1044,20 m<sup>2</sup> x [bis zu] 1,2 kg / m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>  
 = ca. 1.250,00 kg CO<sub>2</sub> wären zu berücksichtigen.

# 6. Rahmenbedingungen

## 6.1. Berechnungsgrundlage

Die Bauteilaufbauten wurden auf Basis von Bau- und Planungsunterlagen von der VG Altenkirchen-Flammersfeld zur Verfügung gestellt und die U-Werte gemäß den Bauteilaufbauten berechnet. Nicht vorhandene Aufbauten wurden gemäß der "Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand vom 07. April 2015" angesetzt. Dazu zählen der Fußboden, und die Kellerdecke sowie die Fenster des Gebäudes.

## 6.2. Kostendarstellung

Die Energieberatung berücksichtigt die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten sowie der Datenaufnahme vor Ort. Die abgeschätzten Investitionskosten wurden aus anderen ähnlichen Projekten berücksichtigt, 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. Somit handelt es sich bei den im Energiebericht angegebenen Investitionskosten um eine Schätzung.

Betrachtungszeitraum (Kapitalwert):  
30 Jahre (2020–2050)

Betrachtungszeitraum (Lebenszykluskosten): 50 Jahre (2022–2072)

Unterschiedliche Betrachtungszeiträume wurden gewählt, da bei einem längeren Betrachtungszeitraum eine Ersatzinvestition wie 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 / bei allen Maßnahmen werden aktuelle Fördermittel berücksichtigt. Es wird angenommen, dass die Investitionskosten nicht über ein Darlehen finanziert werden.

Tab. 6.2.1: Berechnungsgrundlage für Energiepreise und CO<sub>2</sub>-Ausstoß

Energieträger	Aktueller Energiepreis [€/kWh]*	CO <sub>2</sub> [kg/kWh]
Strom	0,28	595
Erdgas H	0,06	202
Holzpellets	0,05	0
Nachtstrom	0,21	595

\*Stand: Februar 2022

## 6.3. Argumente gegenüber der Kommunalaufsicht

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

Bei den Sanierungsfahrplänen 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 CO<sub>2</sub>-Einsparung gewählt werden.

#### 6.4. Berechnungsansatz

Viele energetische Sanierungsmaßnahmen sind wirtschaftlich, da die Bauteile am Ende ihrer Lebensdauer angelangt sind. Die Bauteile müssten ohnehin 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 das Ende seiner Lebensdauer erreicht hat und instandgesetzt werden muss, wird eine Amortisationszeit von „0“ bzw. „einem Jahr“ angesetzt.

#### 6.5. Querverweise auf andere Gebäude derselben Gebäudekategorie

Die hier bei dem Gebäude genutzte Konstruktionsweise mit Betonskelett und vorgehängter Fassade ist in Rheinland-Pfalz für Verwaltungsgebäude eine für dieses Baujahr typische Bauweise.

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



## 6.6. Lebenszykluskosten

Die Wirtschaftlichkeit der Varianten wurde auf Basis der Lebenszykluskosten ermittelt. Dabei werden die Varianten im Rahmen einer Vollkostenberechnung miteinander verglichen. Da die Varianten alle im Jahr 2022 starten, wird dieses als Startjahr gewählt. Im Gegensatz zur Kapitalwertmethode werden bei der Betrachtung der Lebenszykluskosten die Vollkosten (Energiekosten, Betriebskosten und Wartungskosten) berücksichtigt. Außerdem ist der Betrachtungszeitraum von 2022 bis 2072 länger, so dass ein erneuter Austausch bei manchen Bauteilen oder der Anlagentechnik berücksichtigt wird.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten stellt die Variante mit den niedrigsten Lebenszykluskosten die wirtschaftlichste Variante dar. (Hinweis: Bei der Kapitalwertmethode stellt die Variante mit dem höchsten Kapitalwert die wirtschaftlichste Variante dar!)

Die Lebenszykluskostenanalyse wurde mit dem Ökobilanzierungstool eLCA des BBSR berechnet. Die Berechnungen basieren auf den ÖKOBAUDAT-Datensätzen.

### Tipp:

Das BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) stellt unter [www.bauteileditor.de](http://www.bauteileditor.de) das Ökobilanzierungstool eLCA zur Verfügung. Im Rahmen des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) ist dieses verbindlich anzuwenden.

Tab. 6.6.1: Übersicht der Lebenszykluskosten für die untersuchten Varianten

	Variante 1	Recycling Potenzial	Variante 2	Recycling Potenzial	Variante 3	Recycling Potenzial	
GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	18.123	-1.824	7.464	-685	5.519	-4127	kg/m <sup>2</sup> a
PENERT [MJ]	65.968	-7.090	28.927	-2.637	23.007	-16.182	kWh/m <sup>2</sup> a
PE gesamt [MJ]	71.903	-8.760	35.837	-3.401	40.472	-17.583	kWh/m <sup>2</sup> a
Kapitalwert gesamt:	2.420.321		2.871.456		2.549.490		€
Lebenszykluskosten:	662		785		697		€/m <sup>2</sup> BGF
GWP	steht für Global Warming Potential. Der GWP-Wert eines Stoffes definiert dessen Treibhauspotenzial in Bezug auf CO <sub>2</sub> .						
PENERT	bildet den Primärenergiegehalt aller verwendeten und nicht erneuerbaren Ressourcen ab. Er enthält sowohl die energetisch als auch die stofflich genutzten Ressourcen.						
PE	steht für Primärenergieinhalt. Bildet den Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung ab.						

## 7. Fazit

Der Kommune wird aufgrund mehrerer Faktoren nahegelegt, **Variante 3** umzusetzen.

In der Tabelle Seite 47 sind die Unterschiede in den Auswertungen der einzelnen Varianten zusammen dargestellt.

Unterschieden wird bei der Auswertung nach:

- › Erfüllung des GEG nach DIN V 18599
- › Wirtschaftlichkeit
- › Lebenszykluskosten
- › Wirkungsabschätzung gem. eLCA
- › Wirtschaftlichkeit gem. eLCA

Sanierungsempfehlung: Zur Umsetzung empfohlen wird die Sanierungsvariante bzw. der Sanierungsfahrplan 3 (siehe 4.3: reg. Nahwärme, Dämmung der kompletten Gebäudehülle mit natürlichen Dämmstoffen, Erneuerung von Außentüren und Fenstern, Lüftungsanlage, Erweiterung der PV-Anlage, etc.). Mit dieser Variante kann bereits im

zweiten Sanierungsschritt ein Klimaneutrales Gebäude bzw. Effizienzhaus 55 erreicht werden – unter Berücksichtigung der weiteren Maßnahmen bis 2050 wird sogar ein Effizienzhaus 40-Standard erreicht.

Der Sanierungsfahrplan 1 stellt sich insbesondere hinsichtlich der Lebenszykluskosten und geringerer Investitionskosten zunächst relativ wirtschaftlich dar.

Für Variante 3 spricht aber, dass ca. 12,9 t CO<sub>2</sub> weniger emittiert werden als in Variante 1. Außerdem bietet diese Variante (gemäß der Wirkungsabschätzung eLCA) ein zusätzliches Recyclingpotenzial von 2,3 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

Durch extensive Dachbegrünung der Flachdächer kann ein ebenfalls nicht zu unterschätzender Beitrag für den Umweltschutz geleistet werden. Hier können nochmals 1,25 t CO<sub>2</sub> eingespart werden.

Tab. 7.0.1: Übersicht Variantenvergleich

<b>Auswertung / Variantenvergleich gem. GEG DIN V 18599</b>											
Bezeichnung	Dim	IST	Variante 1			Variante 2			Variante 3		
			Soll	Einsparung		Soll	Einsparung		Soll	Einsparung	
<b>Endenergiebedarf</b>	[kwh/a]	<b>448.342</b>	<b>11.963</b>	436.379	97,33%	<b>-707</b>	449.049	100,16%	<b>-801</b>	449.143	100,18%
	[kWh/m²a]	<b>159,4</b>	<b>4,3</b>	155,1		<b>-0,3</b>	159,6		<b>-0,3</b>	159,7	
<b>Brennstoffkosten</b>	[€/a]	<b>43.667</b>	<b>-2.033</b>	45.700	104,66%	<b>-6.534</b>	50.201	114,96%	<b>-6.542</b>	50.209	114,98%
	[€/m²a]	<b>15,5</b>	<b>-0,7</b>	16,2		<b>-2,3</b>	17,8		<b>-2,3</b>	17,8	
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	[kg/a]	<b>49.989</b>	<b>-28.327</b>	78.317	156,67%	<b>-29.105</b>	79.095	158,22%	<b>-29.436</b>	79.426	158,89%
	[kg/m²a]	<b>19</b>	<b>-10,1</b>	27,8		<b>-10,3</b>	28,1		<b>-10,5</b>	28,2	
<b>Auswertung / Variantenvergleich gem. GEG DIN V 18599: Wirtschaftlichkeit</b>											
<b>Invest</b>	[€]		1.714.624	100 %	2.023.972	118,04%	2.166.606	126,36%			
<b>Kosten</b>	[€]		920.058	100 %	1.086.716	118,11%	1.195.656	129,95%			
<b>Barwert</b>	[€]		2.493.438	100 %	2.912.182	116,79%	2.960.588	118,74%			
<b>Annuität</b>	[€]		96.616	100 %	112.842	116,79%	114.717	118,74%			
<b>Auswertung / Variantenvergleich gem. eLCA: Lebenszykluskosten</b>											
Bezeichnung	Dim	IST	Variante 1			Variante 2			Variante 3		
			Soll	Einsparung		Soll	Einsparung		Soll	Einsparung	
<b>GWP CO<sub>2</sub>-Äqv.</b>	[kg/a]		<b>3.037.392</b>	100 %	<b>3.026.439</b>	99,64%	<b>3.024.488</b>	99,58%			
	[kg/m²a]		1.079,8		1.075,9		1.075,2				
<b>PENRT</b>	[kwh/a]		<b>10.926.777</b>	100 %	<b>10.889.224</b>	99,66%	<b>10.883.288</b>	99,60%			
	[kwh/m²a]		3.884,4		3.871,0		3.868,9				
<b>PE gesamt</b>	[kwh/a]		<b>13.670.516</b>	100 %	<b>13.610.270</b>	99,56%	<b>13.614.433</b>	99,59%			
	[kwh/m²a]		4.859,8		4.838,3		4.839,8				
<b>Auswertung / Variantenvergleich gem. eLCA: Wirkungsabschätzung</b>											
Bezeichnung	Dim	IST	Variante 1			Variante 2			Variante 3		
			Soll	Einsparung		Soll	Einsparung		Soll	Einsparung	
<b>GWP CO<sub>2</sub>-Äqv.</b>	[kg/a]		<b>16.299</b>	100 %	<b>6.778</b>	41,59%	<b>1.392</b>	8,54%			
	[kg/m²a]		5,8		2,4		0,5				
<b>PENRT</b>	[kwh/a]		<b>58.879</b>	100 %	<b>26.291</b>	44,65%	<b>6.825</b>	11,59%			
	[kwh/m²a]		20,9		9,3		2,4				
<b>PE gesamt</b>	[kwh/a]		<b>63.141</b>	100 %	<b>32.436</b>	51,37%	<b>22.889</b>	36,25%			
	[kwh/m²a]		22,4		11,5		8,1				
<b>Auswertung / Variantenvergleich gem. eLCA: Wirtschaftlichkeit</b>											
<b>LCC</b>	[€/m²]		<b>662,01</b>	100,00%	<b>785,41</b>	118,64%	<b>697,34</b>	105,34%			

## 8. Abkürzungsverzeichnis & Glossar

CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung
EH EE	Effizienzhaus-Klasse "Erneuerbare Energien"
EG	Erdgeschoss
GEG	Gebäudeenergiegesetz
KG	Kellergeschoss
kW	Kilowatt (Einheit für Leistung)
kWh	Kilowattstunde (Einheit für die Arbeit bzw. Energie)
kWh/m <sup>2</sup> a	Kilowattstunde je Quadratmeter Fläche und Jahr
kWP	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
QE	Endenergiebedarf
QP	Primärenergiebedarf
PIR	Polyisocyanurat
PUR	Polyurethan
PV	Photovoltaik
PV-Anlage	Photovoltaik-Anlage
T	Röhre (von englisch tube)
UG	Untergeschoss
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
Ud-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient – Kennwert der Tür (d von englisch door)
Ug-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient – Kennwert für Fensterglas (g von englisch glazing)
Uw-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient – Kennwert des gesamten Fensters (w von englisch window)
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
W/m <sup>2</sup> K	Watt pro Quadratmeter und Kelvin
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WRG	Wärmerückgewinnung

# 9. Impressum

## **Kurzvorstellung Energieagentur**

Die Energieagentur Rheinland-Pfalz unterstützt als kompetenter Dienstleister Kommunen und ihre Bürger sowie Unternehmen in Rheinland-Pfalz bei der Umsetzung von Aktivitäten zur Energiewende und zum Klimaschutz. Sie wurde 2012 als Einrichtung des Landes gegründet und informiert unabhängig, produkt- sowie anbieterneutral.

Der Sanierungsfahrplan wurde im August 2021 im Auftrag der Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH erarbeitet durch BARTH & MUNGAI ++ Architekten + Ingenieure ++ Ingenieurbüro für Energieberatung.

Hans-Georg BARTH  
Ingenieurbüro für Energieberatung,  
Asterstraße 10, 66849 Landstuhl

## **Herausgeber**

Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

## **Redaktion und Bildnachweis**

Mitarbeitende der  
Energieagentur Rheinland-Pfalz

## **Gestaltung**

Claudia Divivier  
Energieagentur Rheinland-Pfalz

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

[www.energieagentur.rlp.de](http://www.energieagentur.rlp.de)

✂ [energie\\_rlp](#)  [energie.rlp](#)



Rheinland-Pfalz

Das Vorhaben „Energiemanagement und Energieeffizienz  
in rheinland-pfälzischen Kommunen (3EKom)“  
wurde von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds  
für regionale Entwicklung und dem Land Rheinland-Pfalz gefördert.

Gefördert durch



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
KLIMASCHUTZ, UMWELT,  
ENERGIE UND MOBILITÄT