Klimaschutzkonzept der Stadt Alzenau 2023

Anlage 3

Konzepte für energetische Sanierungen

Anlage 3a: Bauhof

Anlage 3b: Prischoßhalle

Anlage 3c: Kinderhort Wasserlos

Klimaschutzkonzept der Stadt Alzenau 2023

Anlage 3a

Konzept für die energetische Sanierung

BAUHOF

Impressum

Bearbeitungszeitraum: 01/2022 – 04/2023

Projekttitel: Klimaschutzkonzept Alzenau 2023 – Anlage 3

Auftraggeber: Stadt Alzenau
Hanauer Straße 1
63755 Alzenau

Ansprechpartner: Herr Roth
Sachgebietsleitung Umwelt
Brentanostraße 3
63755 Alzenau
Tel. 06023 / 502 920
roth.matthias@alzenau.de

Bearbeitung: EVF – Energievision Franken GmbH
Schwarzenbacher Str. 2
95237 Weißdorf

E-Mail: mail@energievision-franken.de
Web: www.energievision-franken.de

Autoren: M. Eng. Nadja Muche

Bildnachweis: Wenn nicht anders gekennzeichnet: EVF – Energievision Franken GmbH

Urheberrechtshinweis: Die vorliegende Studie unterliegt dem geltenden Urheberrecht. Ohne die ausdrückliche Zustimmung der Autoren und des Auftraggebers darf diese oder Auszüge daraus insbesondere nicht veröffentlicht, vervielfältigt und/oder anderweitig an Dritte weitergegeben werden. Sollte einer derartigen Nutzung zugestimmt und der Inhalt an anderer Stelle wiedergegeben werden, sind die Autoren gemäß den anerkannten wissenschaftlichen Arbeitsweisen zu nennen.

Darüber hinaus sind unbedingt die im Literatur- und Quellenverzeichnis genannten weiteren Urheberrechte und Lizenzen zu beachten!

Haftungsausschluss: Die vorliegende Studie wurde nach dem aktuellen Stand der Technik, nach den anerkannten Regeln der Wissenschaft sowie nach bestem Wissen und Gewissen der Autoren erstellt. Irrtümer vorbehalten.

Fremde Quellen wurden entsprechend gekennzeichnet. Die Ergebnisse basieren weiterhin im dargelegten Maß auf Aussagen und Daten von fachkundigen Dritten, die im Rahmen von Befragungen ermittelt wurden. Alle Angaben und Quellen wurden sorgfältig auf Plausibilität geprüft. Die Autoren können dahingehend jedoch keine Garantie für die Belastbarkeit der ausgewiesenen Ergebnisse geben.

Weiterhin basieren die Ergebnisse der Studie auf Rahmenbedingungen, die sich aus den dargelegten Gesetzen, Verordnungen und rechtlichen Normen ergeben. Diese, bzw. deren gerichtliche Auslegung, können sich ändern. Die Studie kann dahingehend nicht den Anspruch erheben, eine Rechtsberatung zu ersetzen und darf auch ausdrücklich nicht als solche verstanden werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum II
Inhaltsverzeichnis III
1 Zusammenfassung /Einleitung 1
2 Beschreibung des betrachteten Objektes 2
3 Darstellung des Ist-Zustandes des Gebäudes 4
4 Sanierung des Gebäudes 7
4.1 Gebäudehülle 7
4.1.1 Dach 7
4.1.2 Außenwände 9
4.1.3 Fenster 14
4.1.4 Außentüren und Tore 15
4.1.5 Unterster Gebäudeabschluss 16
4.2 Heizungsanlage 17
4.3 Lüftung 18
4.4 Beleuchtung 19
4.5 Sommerlicher Wärmeschutz 19
5 Energieeinsparung 20
5.1 Energieeinsparung nach Einzelmaßnahmen 20
5.2 Einsparung von Primär -, End- und Nutzenergie 21
Exkurs: Definition von Primär-, End-, und Nutzenergie: 21
5.2.1 Primärenergiebedarf 23
5.2.2 Endenergiebedarf 23
5.2.3 Nutzenergiebedarf 24
6 Sanierungskosten 25
6.1 Sanierung Schritt für Schritt mit Einzelmaßnahmen 26
6.2 Komplettsanierung in einem Zug 26
7 Förderung 27
7.1 Förderhinweise (April 2023) 27
7.1.1 KfW 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“ 28
7.1.2 BEG – Bundesförderung für effiziente Gebäude 29
7.1.3 Kommunalrichtlinie 30
8 Wirtschaftlichkeit 31
8.1 Wirtschaftlichkeitskalkulation ohne Förderung 31
8.2 Wirtschaftlichkeitskalkulation mit Förderung 33
8.3 Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeit 34
9 Abbildungsverzeichnis V
10 Tabellenverzeichnis VII

1 Zusammenfassung /Einleitung

Der Sanierungsfahrplan wird im Zuge einer Energieberatung erstellt. Er zeigt den aktuellen energetischen Stand des Gebäudes auf und gibt einen grundsätzlichen Überblick über mögliche, sinnvolle Sanierungsmaßnahmen am Gebäude. Im Vordergrund des Sanierungsfahrplans steht aufzuzeigen, welche Einsparpotenziale vorhanden sind und wie diese unter anderem durch eine Förderung effizient umgesetzt werden können. Hier wird sowohl die Sanierung in Einzelmaßnahmen als auch die Komplettsanierung in einem Zug betrachtet.

Am Anfang jeder Energieberatung steht ein Vorortttermin mit einem Beratungsgespräch. Anhand dessen wird im Nachgang mit einer Fachsoftware ein Gebäudemodell erstellt, welches alle Angaben hinsichtlich Materialität der Bauteile der Gebäudehülle und der Anlagentechnik beinhaltet. Auf Basis dessen werden dann die Sanierungsvarianten erstellt. Hier werden dann z.B. neue Bauteilaufbauten definiert und simuliert. Auch die Anlagentechnik wird entsprechend saniert. Bei allen Sanierungsvarianten wird sich an den aktuell, geltenden technischen Anforderung bzgl. der BEG-Förderung orientiert.

Die Sanierungsvarianten bilden die Grundlage für die anschließende Kostenschätzung und Energiebilanzberechnung inkl. CO_2-Bilanz.

Die Analyse des Gebäudes hat folgende Ergebnisse geliefert:

- Das Gebäude hat einen aktuellen Primärenergiebedarf von 224 kWh/(m²a) und ist dringend sanierungsbedürftig.
- Es ist sinnvoll zuerst die Gebäudehülle zu optimieren, sodass der Heizwärmebedarf und die Heizlast gesenkt werden und die neue Heizungsanlage auf den niedrigeren Bedarf ausgelegt werden kann.
- Durch eine förderkonforme Komplettsanierung kann ein Effizienzgebäude 40 mit einem Primärenergiebedarf von 28 kWh/(m²a) erreicht werden.

2 Beschreibung des betrachteten Objektes

Der Bauhof entstand in den 1980er Jahren und besteht mittlerweile aus mehreren Gebäudeteilen.

Er beinhaltet die große beheizte Fahrzeughalle mit integrierten Sozial-, Lager- und Sanitärräumen, sowie die ehemalige KFZ-Stelle mit im Untergeschoss vorhandenen Werkstätten und Lagerräumen.

Des Weiteren ist eine weitere Fahrzeughalle vorhanden, sowie ein Anbau (siehe Abb. 4) an die bestehende Fahrzeughalle.

Betrachtet werden hier nur die Fahrzeughalle und die ehemalige Kfz-Zulassungsstelle (siehe Abb. 1, Abb. 2).

Abb. 1: Luftbild des Bauhofgeländes
(QUELLE: LUFTBILD GOOGLEMAPS, BEARBEITET DURCH EVF)

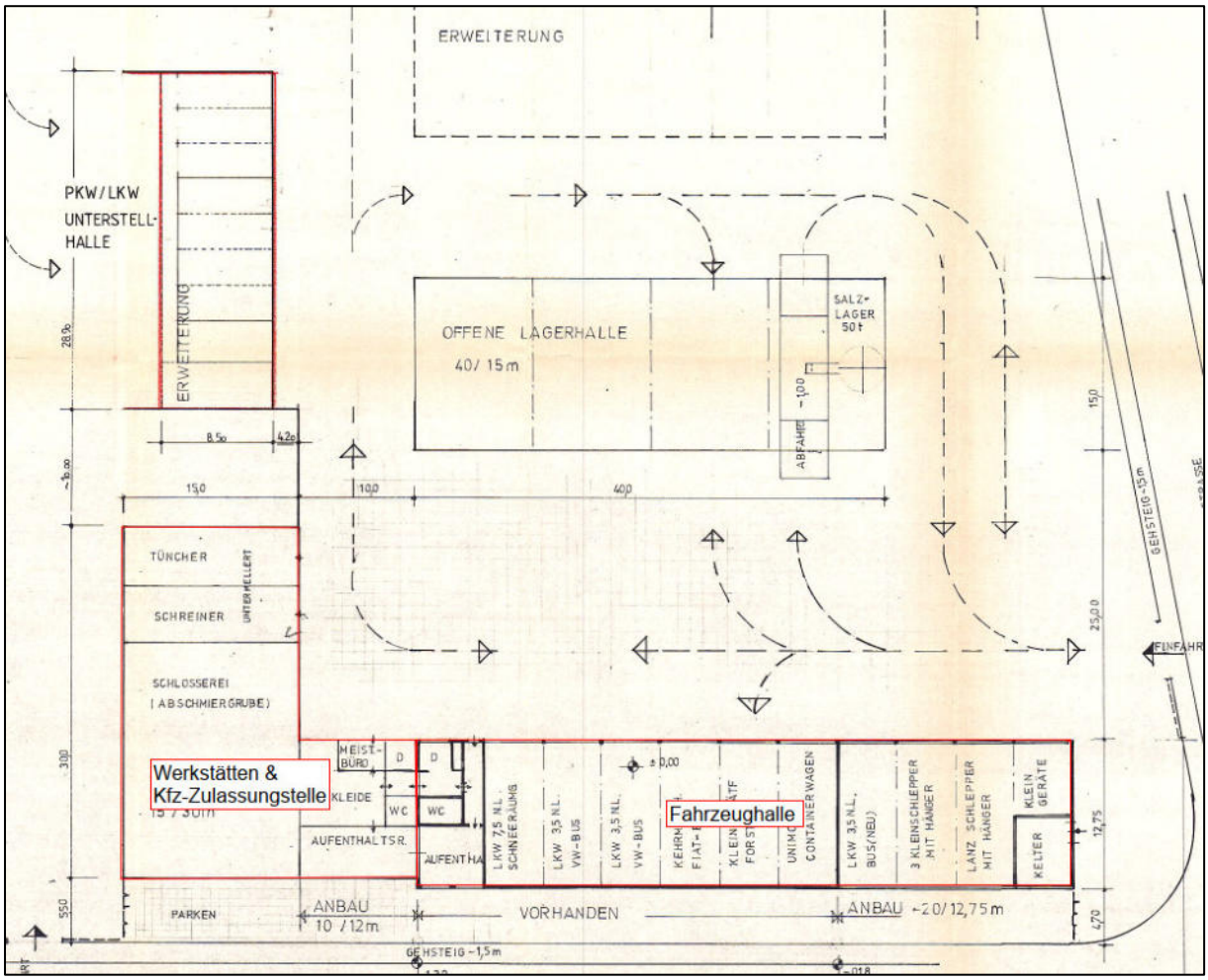

Abb. 2: Gesamtübersicht Bauhof
(QUELLE: ÜBERSICHTSPLAN BAUHOF 1987 – STADT ALZENAU, BEARBEITET DURCH EVF)

Abb. 3: Ansichten Süd

Abb. 4: Ansicht von Süd-Ost

Abb. 5: Ansicht West

Abb. 6: Ansichten Nord

Abb. 7: Ansicht Nord

Abb. 8: Ansicht Nord-Ost

3 Darstellung des Ist-Zustandes des Gebäudes

Abb. 9: Gebäudemodell Bauhof

Der betrachtete Gebäudekomplex besteht aus der Fahrzeughalle und der ehemalige KFZ-Zulassungsstelle mit Werkstätten im Untergeschoss. Des Weiteren sind Sanitäranlagen, Aufenthaltsräume, Büroräume, Lagerflächen, Verkehrsflächen (Flure) und eine Kochgelegenheit integriert.

Um die energetischen Besonderheiten und Anforderungen der verschiedenen Räume abbilden zu können, ist es erforderlich diese in sogenannte Zonen einzuteilen. Hier werden entsprechende Zonenprofile nach DIN 18599-10 hinterlegt, die unter anderem Angaben zur Raumtemperatur, Betriebszeiten und inneren Lasten beinhalten. Das Gebäude kann in folgenden Zonen unterteilt werden:

Tab. 1: Legende der Zonierung nach DIN 18599

Zone	
Büro	
Küche	
Sanitäranlagen	
Sonstiger Aufenthaltsbereich (Umkleiden/ Foyer)	
Verkehrsflächen	
Lager	
Werkstätten	
Fahrzeughalle	

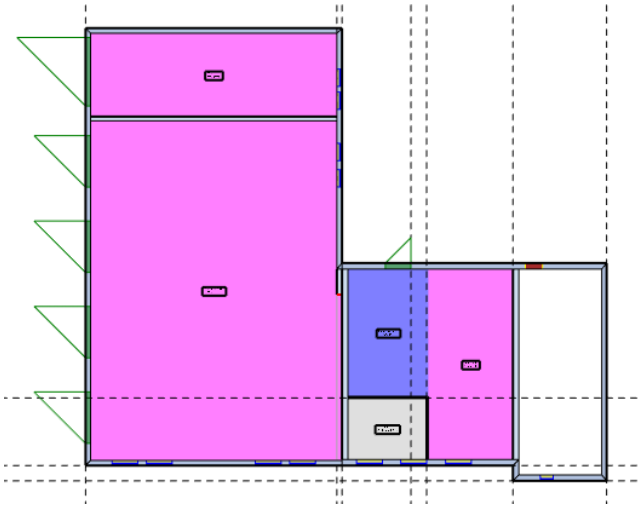

Abb. 10: Zonierung UG

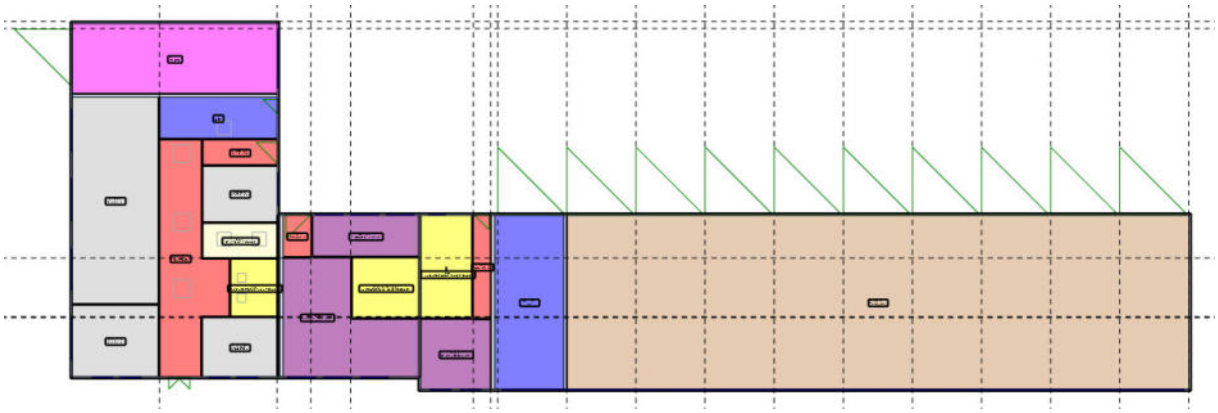

Abb. 11: Zonierung EG

Das Gebäude ist nur im Bereich der KFZ-Zulassungsstelle unterkellert; die Fahrzeughalle ist eingeschossig. Im unterkellerten Bereich befinden sich die Werkstätten, Lagerräume, einzelne Büroräume sowie der unbeheizte Heizraum. Im unbeheizten Heizraum ist lediglich eine große Wandöffnung nach außen ohne Fenster vorhanden. Zur Beheizung des Gebäudes werden zwei Gaskessel aus dem Baujahr genutzt. Zwei Räume der KFZ-Zulassungsstelle haben ein Klimagerät und können im Sommer gekühlt werden. Insgesamt ist das Gebäude in einem energetisch schlechten Zustand.

Das Dach besteht aus Hebelplatten der vor Ort ansässigen Firma Xella und liegt ungedämmt vor. Im Bereich der KFZ-Zulassungsstelle wurden einige Lichtkuppeln entfernt und provisorisch verschlossen und abgedichtet. Die noch vorhandenen Lichtkuppeln sind altersbedingt sanierungsbedürftig. Die ursprünglichen noch aus dem Baujahr (1980er) stammenden Metallrahmenfenster wurden bereits partiell durch Kunststofffenster ersetzt. Der Zustand der restlichen Fenster ist altersbedingt schlecht. Die Haupteingangstür der KFZ-Zulassungsstelle stammt ebenfalls aus dem Baujahr. Auf der Rückseite des Gebäudes sind Nebeneingangstüren zu den Werkstätten und der Fahrzeughalle vorhanden, die teilweise ersetzt wurden. Weiter sind in den Werkstätten und in der Fahrzeughalle große Tore vorhanden, welche ebenfalls noch aus dem Baujahr stammen.

Bei den Kellerwänden ist davon auszugehen, dass es sich um Stahlbetonwände handelt, die ungedämmt vorliegen. Im Erdgeschoss wurden 15cm starke Hebelplatten im gesamten Gebäude verbaut. Die Geschossdecken bestehen aus Stahlbeton.

Berechneter Primärenergiebedarf:

Durch die aktuell verwendeten Baumaterialien sowie die bestehende Heizungsanlage ergibt sich in Summe ein Primärenergiebedarf des Bestandsgebäudes von 224 kWh/(m²*a). Bei diesem Wert handelt es sich um den aus energetischer Gesamtsicht relevanten Wert für die Beurteilung des Energiebedarfs. Demnach ist das Gebäude nach GEG 2023 als dringend sanierungsbedürftig einzustufen.

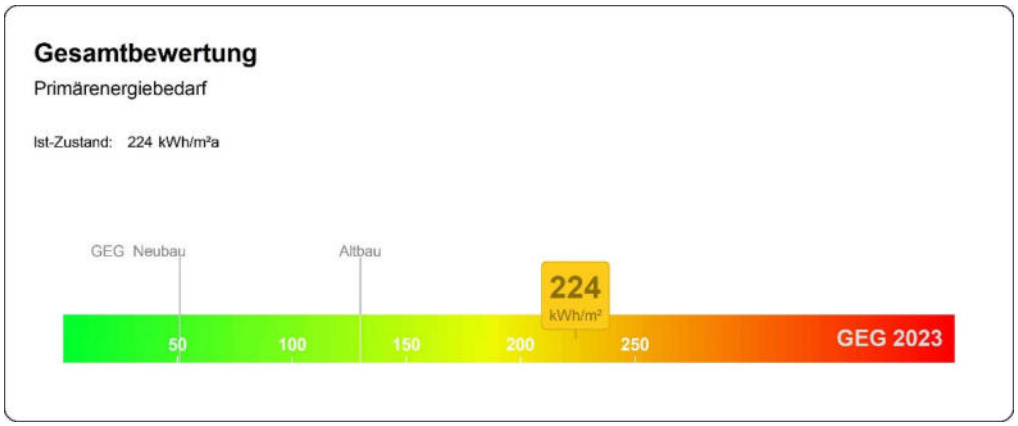

Abb. 12: Gesamtbewertung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes

Bewertung des realen Verbrauchs:

Rechnerisch ergibt sich zudem ein Endenergiebedarf in Höhe von ca. 218 kWh/(m²a). Dieser schlechte berechnete Bedarfswert zeigt sich auch in der Realität: Denn hier wurde auf insgesamt 1.384 m² (inkl. neuerem und potenziell damit effizienterem Verwaltungsgebäude) allein ein Verbrauch für Wärme in Höhe von 394.393 kWh/a verzeichnet. Der tatsächliche Verbrauchswert für Wärme liegt demnach sogar bei 285 kWh/(m²a). Der tatsächliche Verbrauch ist also sogar noch schlechter, als der berechnete Bedarf. Laut Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 15. April 2021 (BAnz AT 03.05.2021 B1) liegt der anzusetzende Vergleichswert für den Endenergieverbrauch für Wärme bei 60,1 kWh/(m²a) (Hinweis: Das Sanierungskonzept wurde später als das Klimaschutzkonzept angefertigt. Dadurch ergibt sich ein anderer Endenergieverbrauchswert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Warmwasserbereitung zentral und nicht dezentral, wie damals angenommen vorhanden ist.). Der tatsächliche Wärmeverbrauch ist also sogar ca. 5x so hoch, wie er bei einem effizienten Gebäude dieser Gebäudekategorie mit der gegebenen technischen Ausstattung eigentlich sein sollte.

Sanierung:

Grundsätzlich sollte zuerst die Gebäudehülle optimiert werden, sodass der Heizwärmebedarf gesenkt werden kann und die neue Heizungsanlage auf den niedrigeren Bedarf ausgelegt werden kann.

4 Sanierung des Gebäudes

Nachfolgend werden die notwendigen Sanierungsschritte für die einzelnen Gebäudeteile, aufgeteilt nach Gebäudehülle und Heizungsanlage, dargestellt. Bei der Sanierung wird darauf geachtet, dass alle Sanierungsmaßnahmen nach BEG förderfähig sind. Die gesetzlichen Anforderungen nach GEG liegen unter den Anforderungen des BEG. Dennoch ist es sinnvoll auf einen besseren Gebäudestandard zu sanieren, da so die energetischen Verluste weiter reduziert werden können, der Heizwärmebedarf sinkt und somit auch langfristig mit niedrigeren Betriebskosten gerechnet werden kann.

Durch eine förderkonforme Komplettsanierung kann ein Effizienzgebäude 40 erreicht werden.

4.1 Gebäudehülle

4.1.1 Dach

Die Lebensdauer einer Flachdachkonstruktion beläuft sich auf ca. 25 Jahre. Das Dach hat dieses Alter weit überschritten, ist allerdings dicht. Die Dachkonstruktion besteht aus Hebelplatten der Firma Xella. Des Weiteren ist auf dem Flachdach der Fahrzeughalle eine PV-Anlage vorhanden. Diese ist mittlerweile schon über 20 Jahre alt, aber noch vollfunktionstüchtig.

Abb. 14: Flachdach KFZ-Zulassungsstelle

Abb. 13: Flachdach Fahrzeughalle

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes getroffen:

Tab. 2: Dachaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Hebelplatten der FA Xella	25	0,27
Bitumendachbahn	0,5	0,17

Der U-Wert des Daches in unsaniertem Zustand beträgt 0,89 W/(m²K).

Bei der Sanierung wird darauf geachtet, dass die Vorgaben des BEG bzgl. der U-Werte eingehalten werden, sodass die Maßnahme förderfähig ist.

Das Dach kann durch eine Aufdachdämmung optimiert werden. Hierfür bietet sich unter anderem eine PUR/ PIR Dämmung an, die eine sehr gute Wärmeleitgruppe hat. Im Zuge der Sanierung sollten die vorhandenen Aussparungen der ehemaligen Lichtkuppeln in der ehemaligen KFZ-Zulassungsstelle geschlossen werden, sodass diese keine Wärmebrücken mehr darstellen.

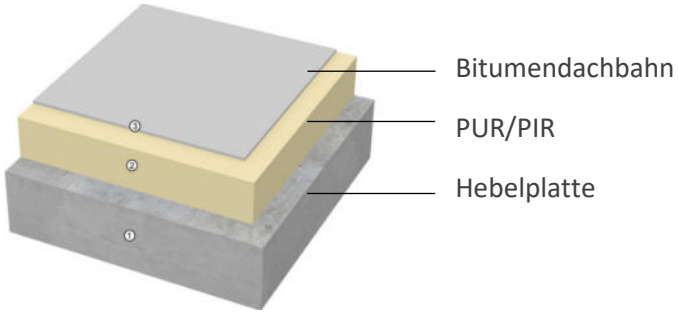

Abb. 15: Dachaufbau gedämmt

Im Bereich der KFZ-Zulassungsstelle setzt sich der Dachaufbau in saniertem Zustand wie folgt zusammen:

Tab. 3: Dachaufbau KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Hebelplatten der FA Xella	25	0,27
PUR/PIR	16	0,024
Bitumendachbahn	0,5	0,17

Der U-Wert des Daches in saniertem Zustand beträgt 0,13 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt 0,20 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,14 W/(m²K).

Da die Fahrzeughalle niedriger beheizt wird als der Rest des Gebäudes sind die Vorgaben bei den U-Werten etwas geringer.

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt hier 0,35 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,20 W/(m²K).

Der Dachaufbau im Bereich der Fahrzeughalle in saniertem Zustand setzt sich wie folgt zusammen:

Tab. 4: Dachaufbau Fahrzeughalle von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Hebelplatten der FA Xella	25	0,27
PUR/PIR	10	0,024
Bitumendachbahn	0,5	0,17

Der U-Wert des Daches in saniertem Zustand beträgt hier 0,19 W/(m²K).

Die Wärmeverluste des Dachs können so um bis zu 67 % reduziert werden.

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Zu beachten:

Es wird empfohlen, für die Maßnahme mehrere Angebote von Fachfirmen einzuholen und sich auch über alternative Dämm-Konstruktionen beraten zu lassen. Dabei muss gewährleistet sein, dass der geforderte maximale U-Wert von 0,14 W/(m²K) bzw. 0,20 W/(m²K) eingehalten wird. Es ist darauf zu achten, dass die Konstruktion fachgerecht mit allen Dichtungsebenen ausgeführt wird, sodass Wärmebrücken und Bauschäden vermieden werden.

Da sich auf dem Flachdach der Fahrzeughalle eine PV-Anlage befindet und so die Dachkonstruktion für eine oberseitige Dämmung nicht zugängig ist, wird empfohlen etwaige Dämmmaßnahmen erst dann durchzuführen, wenn größere Wartungsarbeiten an der PV-Anlage und der Ständerkonstruktion erforderlich sind. Gegebenenfalls kann auch über eine Innendämmung des Dachs nachgedacht werden. Hier ist darauf zu achten, dass keine bauphysikalischen Probleme aufgrund der Innendämmung entstehen. Des Weiteren muss beachtete werden, dass die erforderliche Durchfahrtshöhe bestehen bleibt.

4.1.2 Außenwände

Die Außenwände im Erdgeschoss bestehen wie das Dach aus Hebelplatten der Firma Xella. Im Kellergeschoss handelt es sich um Stahlbetonwände.

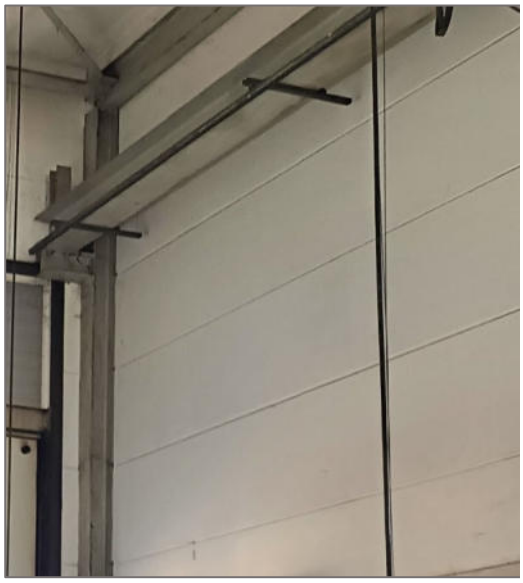

Abb. 16:Außenwand EG

Abb. 17: Außenwand KFZ-Zulassungsstelle

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes der Erdgeschosswände der KFZ-Zulassungsstelle getroffen:

Tab. 5: Erdgeschosswandaufbau KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Hebelplatten der FA Xella	13,5	0,27

Der U-Wert der Erdgeschosswände in unsaniertem Zustand beträgt 1,45 W/(m²K).

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes der Erdgeschosswände der Fahrzeughalle getroffen:

Tab. 6: Erdgeschosswandaufbau Fahrzeughalle von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Hebelplatten der FA Xella	15	0,27

Der U-Wert der Erdgeschosswände in unsaniertem Zustand beträgt 1,38 W/(m²K).

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes der Kellerwände getroffen:

Tab. 7: Kellerwandaufbau Typ 1 von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Stahlbeton	33,5	2,5

Der U-Wert der Kellerwände Typ 1 in unsaniertem Zustand beträgt 3,50 W/(m²K).

Tab. 8: Kellerwandaufbau Typ 2 von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Stahlbeton	28,5	2,5

Der U-Wert der Kellerwände Typ 2 in unsaniertem Zustand beträgt 3,77 W/(m²K).

Auch im Bereich der Außenwände ist es sinnvoll zu dämmen, um so die Wärmeverluste zu reduzieren. Die Außenwände sind mit einer Außendämmung sowie mit einem Wärmedämmputz zu versehen. Im Bereich der Außenwände die an Außenluft grenzen, kann zum Beispiel mit einer Mineralfaserdämmung gearbeitet werden. Alle Wände die an Erdreich grenzen müssen mit einer Perimeterdämmung versehen werden.

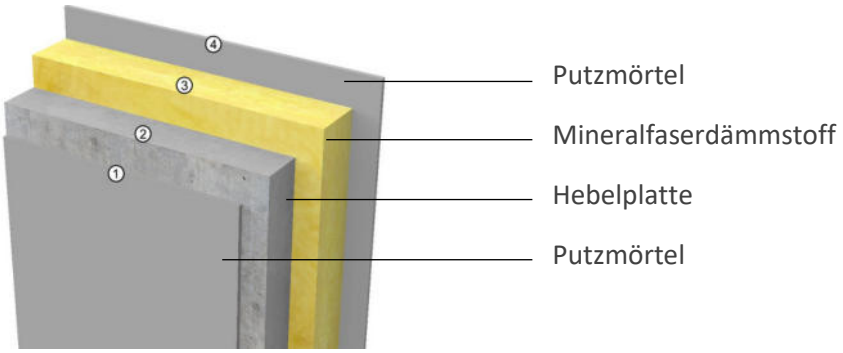

Abb. 18: Außenwandaufbau gedämmt

Der Wandaufbau der Wände im Bereich der KFZ-Zulassungsstelle die an Außenluft angrenzen setzt sich in saniertem Zustand wie folgt zusammen:

Tab. 9: Außenwandaufbau Typ1 KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Hebelplatten der FA Xella	13,5	0,27
Mineral. und pflanzl. Faserdämm-stoffe	16	0,035
Wärmedämmputz	2,0	0,08

Der U-Wert der Außenwände in saniertem Zustand beträgt 0,19 W/(m²K).

Tab. 10: Außenwandaufbau Typ 2 Kfz-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Stahlbeton	28,5	2,5
Mineral. und pflanzl. Faserdämm-stoffe	18	0,035
Wärmedämmputz	2,0	0,08

Der U-Wert der Außenwände in saniertem Zustand beträgt 0,18 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt 0,24 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,20 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Da die Fahrzeughalle niedriger beheizt wird wie der Rest des Gebäudes sind die Vorgaben bei den U-Werten nicht ganz so hoch.

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt hier 0,35 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,25 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Der Wandaufbau der Wände im Bereich der Fahrzeughalle die an Außenluft angrenzen setzt sich in saniertem Zustand wie folgt zusammen:

Tab. 11: Außenwandaufbau Fahrzeughalle von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Hebelplatten der FA Xella	13,5	0,27
Mineral. Und pflanzl. Faserdämm-stoffe	12	0,035
Wärmedämmputz	2,0	0,08

Der U-Wert der Außenwände in saniertem Zustand beträgt 0,24 W/(m²K).

Um eine klare Trennung zwischen unbeheiztem Heizraum im Keller und beheiztem Gebäudevolumen zu erreichen, müssen alle an die beheizte Gebäudehülle grenzenden Kellerwände ebenfalls gedämmt werden. Diese müssen einen U-Wert von 0,25 W/(m²K) (BEG) einhalten. Alternativ kann der Heizraum in das beheizte Gebäudevolumen integriert werden. Hier sollte ein Fenster in die Aussparung eingesetzt werden. Die Dämmung ist an der Außenwand des Heizraumes ebenfalls auszuführen.

Der Wandaufbau der Wände im Bereich der KFZ-Zulassungsstelle die an Erdreich angrenzen setzt sich in saniertem Zustand wie folgt zusammen:

Tab. 12: Außenwandaufbau Erdreich Typ 1 KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Stahlbeton	33,5	2,5
Perimeterdämmung	14	0,035

Der U-Wert der Außenwände in saniertem Zustand beträgt 0,23 W/(m²K).

Tab. 13: Außenwandaufbau Erdreich Typ 2 KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Stahlbeton	28,5	2,5
Perimeterdämmung	14	0,035

Der U-Wert der Außenwände in saniertem Zustand beträgt 0,23 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt 0,30 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,25 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Die Wärmeverluste können durch die Dämmung der Außenwände so um bis zu 73 % reduziert werden.

Zu beachten:

Es wird empfohlen, für die Maßnahme mehrere Angebote von Fachfirmen einzuholen und sich auch über alternative Dämm-Konstruktionen unter anderem diffussionsoffene Konstruktione beraten zu lassen.

Unter einer diffusionsoffenen Konstruktion versteht man eine Konstruktion, die gegenüber Dampf und Feuchtigkeit im Allgemeinen einen geringen Widerstand aufweist. Das heißt Materialien, die über wenig Dichte, eine gute Wärmeisolierung und einen hohen Anteil an offenem Porenraum verfügen, sind diffusionsoffen. Hierzu zählen zum Beispiel Mineralwolle, Holzfaserdämmplatten und Zellulosefasern.

Die Maßnahme muss fachgerecht durchgeführt werden, um ungewollte Wärmebrücken und Bauschäden zu vermeiden.

4.1.3 Fenster

Fenster haben eine Nutzungsdauer von ca. 30 Jahren. Die mehrheitlich aus den 1980er Jahren stammenden Fenster sollten dementsprechend altersbedingt ausgetauscht werden. Die vorhandenen alten Metallrahmenfenster sind durch moderne energieeffiziente Fenster zu ersetzen.

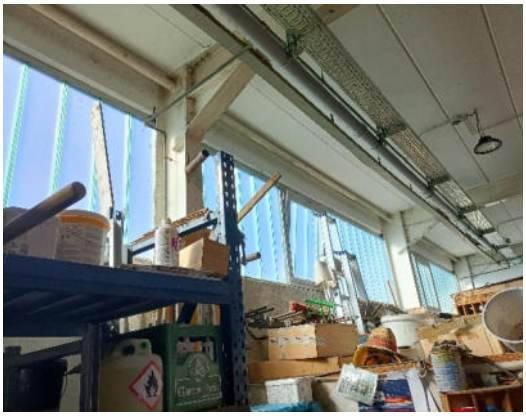

Abb. 19: Fensterband Fahrzeughalle

Abb. 20: Fenster Sozialräume

Abb. 21: Lichtkuppel

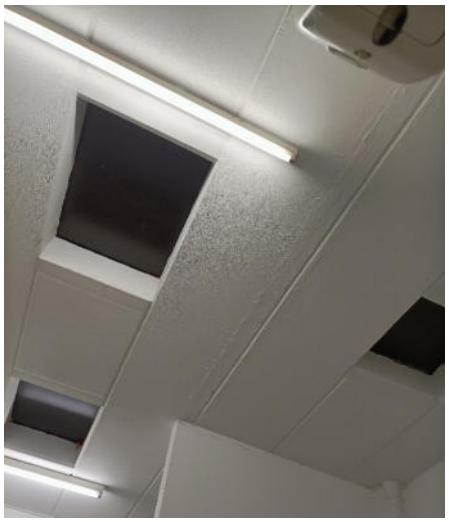

Abb. 22: Verschlossene Lichtkuppeln

Der einzuhaltende U-Wert der Fenster laut GEG beträgt 1,3 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert der Fenster laut BEG beträgt 0,95 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

In der KFZ-Zulassungsstelle sind einige Lichtkuppeln vorhanden. Von diesen wurden einige ausgebaut und die Abdichtung darüber gezogen. In diesen Bereichen sollten entweder neue Lichtkuppeln eingesetzt, oder alternativ die Dachkonstruktion verstärkt werden.

Laut GEG gibt es keine Vorgaben beim Austausch von Lichtkuppeln.

Hingegen beträgt der einzuhaltende U-Wert bei Lichtkuppeln laut BEG 1,5 W/(m²K).

Die Wärmeverluste der Fenster können so um bis zu 66 % reduziert werden. Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Ein Sonnenschutz im Bereich der neuen Sozialräume in der ehemaligen KFZ-Zulassungsstelle sollte in Betracht gezogen werden, um einer Überhitzung im Sommer entgegen zu wirken.

Zu beachten:

Durch die Maßnahme wird das Gebäude luftdichter und der U-Wert der Fenster liegt unter dem U-Wert der Wände, sofern diese bis dahin nicht energetisch saniert wurden. Es besteht die Gefahr, dass sich ohne ausreichende Lüftung Feuchtigkeit an Wärmebrücken der Außenwände niederschlägt und sich Schimmel bilden kann. Es ist deshalb wichtig, ausreichend zu lüften. Sollte der Fenstertausch als Einzelmaßnahme erfolgen, sollte über eine bedarfsgerechte Lüftung (z.B. in Form von Fensterfalzlüftern) zur Sicherstellung der notwendigen Grundbelüftung nachgedacht werden. Gegebenenfalls ist auch eine Laibungsdämmung vorzusehen. Eine Unternehmererklärung für fachgerechten Einbau und Einhalten der geforderten U-Werte ist notwendig.

4.1.4 Außentüren und Tore

Die vorhandene Haupteingangstür der KFZ-Zulassungsstelle sowie einige Nebeneingangstüren auf der Rückseite des Gebäudes stammen noch aus dem Baujahr. Die übliche Lebensdauer beträgt ca. 40 Jahre. Ein zeitnaher Austausch ist daher anzuraten.

Der einzuhaltende U-Wert der Fenster laut GEG beträgt 1,8 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert der Fenster laut BEG beträgt 1,3 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

In den Werkstätten und in der Fahrzeughalle sind große Tore vorhanden, die noch aus dem Entstehungsjahr des Gebäudes stammen. Diese sollten durch energieeffiziente Tore ersetzt werden.

Abb. 23: Tore Fahrzeughalle

Abb. 24: Tore Werkstätten

Im Bereich der Werkstätten ist ein maximaler U-Wert laut BEG von 1,0 W/(m²K) einzuhalten.

Da die Fahrzeughalle niedriger beheizt wird, beträgt der maximale U-Wert laut BEG hier für die Tore 2,0 W/(m²K). Das GEG macht für die Sanierung von Toren keinerlei Vorgaben.

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Zu beachten:

Durch die Maßnahme wird das Gebäude luftdichter und der U-Wert der Türen und Tore liegt zum Teil unter dem U-Wert der Wände, sofern diese bis dahin nicht energetisch saniert wurden. Es besteht die Gefahr, dass sich ohne ausreichende Lüftung Feuchtigkeit an Wärmebrücken der Außenwände niederschlägt und sich Schimmel bildet. Es ist deshalb wichtig, ausreichend zu lüften. Eine Unternehmererklärung für fachgerechten Einbau und Einhalten der geforderten U-Werte ist notwendig.

4.1.5 Unterster Gebäudeabschluss

Den unteren Gebäudeabschluss bildet die Bodenplatte des Gebäudes. Es wird davon ausgegangen, dass es sich beim Bodenaufbau ausschließlich um die Bodenplatte ohne Estrich handelt.

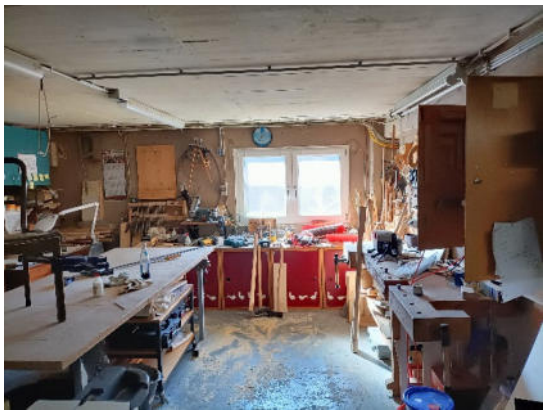

Abb. 25 Werkstätten

Folgende Annahmen wurden getroffen:

Tab. 14: Bodenaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Stahlbeton	25	2

Der U-Wert der Bodenplatte in unsaniertem Zustand beträgt 2,93 W/(m²K).

Für die energetische Optimierung der Bodenplatte soll diese oberseitig gedämmt werden. Um die Deckenhöhe nur auf das nötigste zu verringern, ist es sinnvoll auf einen Dämmstoff mit einer sehr guten Wärmeleitgruppe zurückzugreifen. Es muss ebenfalls darauf geachtet werden, dass der Dämmstoff entsprechend druckfest ist, da das Gebäude als Fahrzeughalle und als Werkstätte genutzt wird.

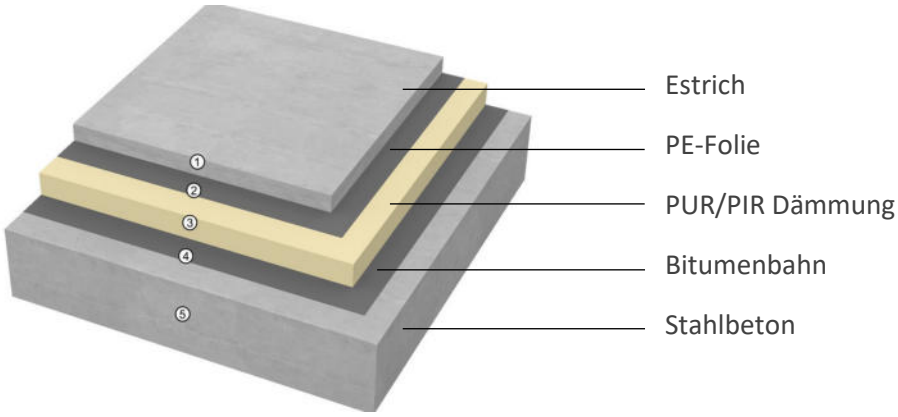

Abb. 26: Bodenplatte gedämmt

Der Bodenaufbau setzt sich in saniertem Zustand wie folgt zusammen:

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Estrich	6	0,7
PE Folie	0,02	0,33
PUR/ PIR	8	0,028
Bitumenbahn	0,05	0,17
Stahlbeton	25	2

Der einzuhaltende U-Wert des Bodens laut GEG beträgt 0,50 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert des Bodens laut BEG beträgt 0,35 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

4.2 Heizungsanlage

Ersatz der Gasheizung durch eine Hackschnitzelheizung

Kurzbeschreibung:

Bei der vorhandenen Gasheizung von 1987 handelt es sich um zwei Niedertemperaturheizkessel. Diese haben ihre technische Lebensdauer mittlerweile deutlich überschritten und sollten zeitnah im Rahmen der üblichen Instandhaltungsmaßnahmen erneuert werden. Dies bietet Anlass für einen Wechsel zu einer modernen effizienten Lösung mit einer Hackschnitzelheizung. Die bestehenden Heizkessel werden demontiert und entsorgt. Die Hackschitzelheizung mit Speicher kann als Containerlösung umgesetzt werde. Im Rahmen des Heizungstauschs ist die Optimierung des Verteilsystems (hydraulischer Abgleich, Pumpentausch, Leitungsdämmung) durchzuführen.

Die Wärmeübergabe in den Gebäuden erfolgt über Wandheizkörper, die manuell über Thermostatventile reguliert werden. Diese sollten durch optimierte Proportional-Integral-Regler getauscht werden.

Durch die neue Heizungsanlage können die Verluste um 57% reduziert werden.

Aktuell wird die Maßnahme durch das aktuelle BEG mit 10% gefördert, da allerdings bereits letztes Jahr zu den alten Förderkonditionen ein Antrag gestellt wurde, kann eine Förderung von 40% bezogen werden.

Abb. 28: 1.Gaskessel mit Speicher

Abb. 27: 2.Gaskessel

Zu beachten:

Die Maßnahme ist vorher mit dem zuständigen Schornsteinfeger abzustimmen. Die beauftragte Fach- bzw. Heizungsbaufirma muss darauf achten, dass die Hackschnitzelheizung auf der Liste der förderfähigen Anlagen des BAFA steht. Die sichtbaren Verteilleitungen sind gemäß Stand der Technik und mindestens gemäß den gesetzlichen Bestimmungen, in Abhängigkeit der Rohrstärke und Lage der Rohre, zu dämmen.

Bei den Heizkörpern sind optimierte PI-Regler vorzusehen.

4.3 Lüftung

Bei der Gebäudesanierung ist die Erstellung eines sogenannten Lüftungskonzepts erforderlich. Dieses soll gewährleistet, dass ein ausreichender Luftaustausch im Gebäude sattfindet, sodass Tauwasserausfall und Schimmelbildung vermieden werde können und ein angenehmes Raumklima herrscht.

Die Lüftung des Gebäudes kann unter anderem über kleine dezentrale Zu- und Abluftgeräte mit Wärmerückgewinnung realisiert werden. So kann ein ausreichenden Luftaustausch gewährleistet werden.

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

4.4 Beleuchtung

Die Umrüstung des vorhandenen Beleuchtungssystems auf LED-Beleuchtung mit intelligenter Steuerung ist anzustreben. Hierdurch lassen sich je nach Leuchtentyp bei gleichbleibender oder sogar besserer Beleuchtung zwischen 40 % bis 80 % des Stromverbrauchs einsparen.

Die Maßnahme wird grundsätzlich durch das BEG mit 15% gefördert. Ggf. sind sogar höhere Fördersätze in Höhe von 25% bis 40% im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (Kommunalrichtlinie) möglich, wenn mindestens 50 % THG-Emissionen eingespart werden. In diesem Falle erfolgt die Förderung auch für zusätzliche intelligente Steuerungs- und – Regeltechnik. Die hierdurch potenziell steigenden Sanierungskosten werden dann jedoch durch potenziell niedrigere Verbrauchskosten i.d.R. kompensiert.

4.5 Sommerlicher Wärmeschutz

Auch der sommerliche Wärmeschutz sollte bei der Sanierung mit beachtet werden. Es ist sinnvoll außenliegende Verschattungssysteme mit einem guten Abschattungsfaktor einzubauen, die einer Überhitzung im Sommer entgegenwirken. Bei Räumen mit sehr großen Fensterflächen und einer verhältnismäßig geringen Grundfläche kann es sinnvoll sein eine Berechnung bzgl. des sommerlichen Wärmeschutzes zu machen, um der Überhitzung im Sommer vorzubeugen. Falls eine Sonnenschutzvorrichtung eingebaut wird, ist es sinnvoll diese über Sensoren und eine sinnvolle Programmierung zu steuern um den Sonnenschutz optimal nutzen zu können.

Auch Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz sind über das BEG mit 15% förderfähig.

5 Energieeinsparung

5.1 Energieeinsparung nach Einzelmaßnahmen

Nach Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen reduzieren sich die Wärme- und Anlagenverluste. Zugrunde gelegt sind die Anforderungen des Fördergebers BEG wie vorhergehend beschrieben.

Nutzenergieverbrauch

Tab. 15: Nutzenergieverbrauch

	Ist	Saniert	Einsparung
Dach	58.497 kWh/a	19.316 kWh/a	67%
Außenwand	225.587 kWh/a	59.057 kWh/a	74%
Fenster/ Türen/ Tore	38.392 kWh/a	12.872 kWh/a	66%
Keller	63.788 kWh/a	24.163 kWh/a	62%
Heizung	240.217 kWh/a	112.074 kWh/a	53%

Bei vollständiger Sanierung aller Bauteile ergibt sich somit eine Reduzierung der Nutzenergie von aktuell 618.183 kWh/a auf 227.520 kWh/a. Das entspricht einer Minderung der erforderlichen Nutzenergie von 63 %.

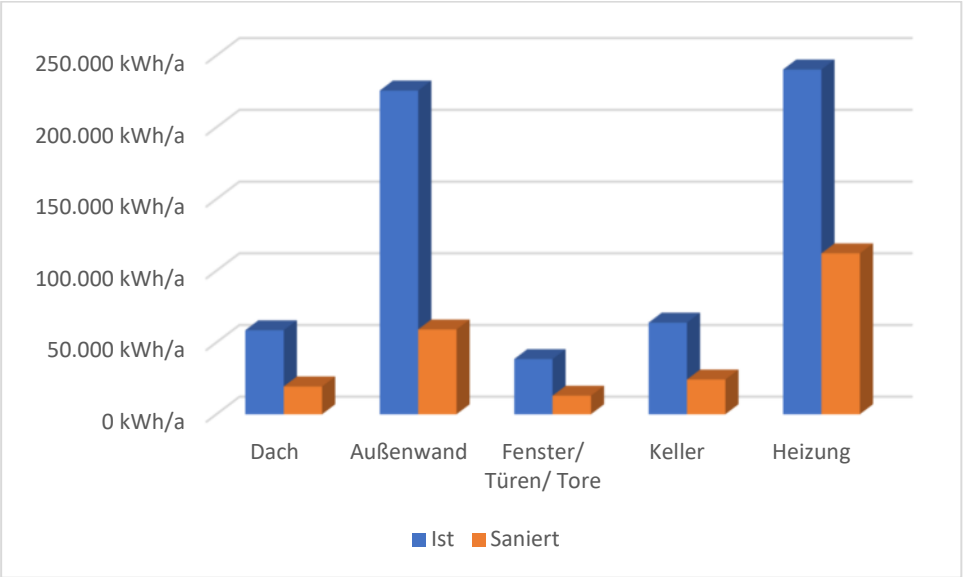

Abb. 29: Energieverbrauch je Sanierungsmaßnahme

5.2 Einsparung von Primär -, End- und Nutzenergie

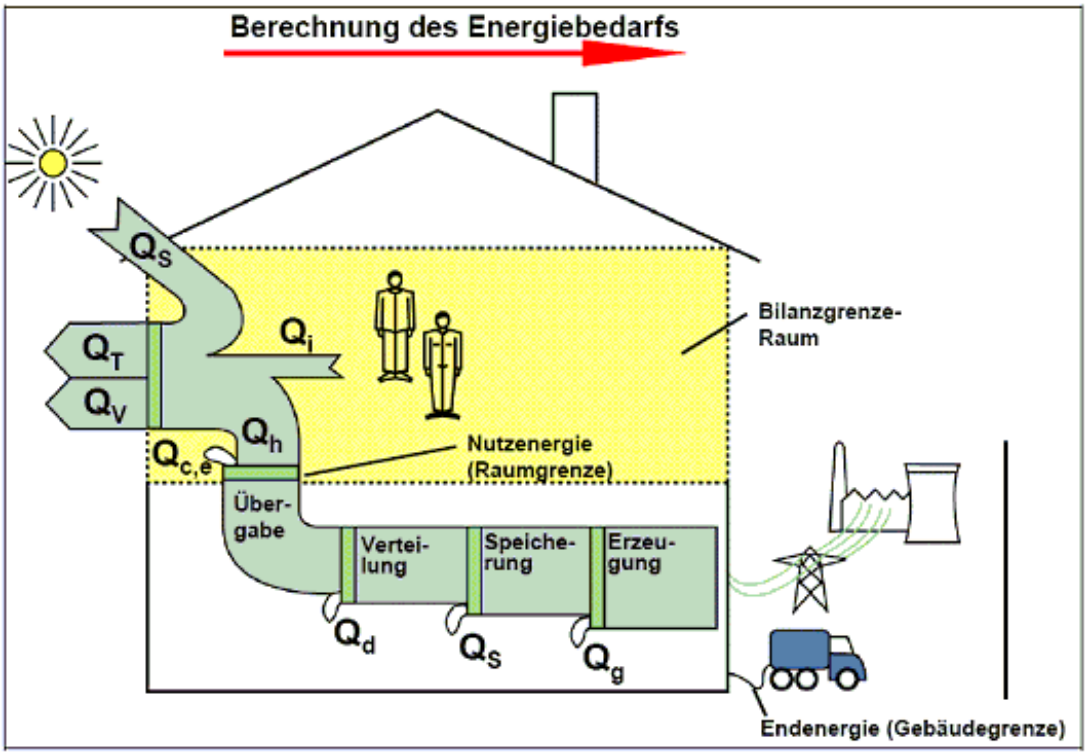

Abb. 30: Berechnung des Energiebedarfs
(QUELLE: ENERGIEBERATUNGSSOFTWARE HOTTGENROTH)

Exkurs: Definition von Primär-, End-, und Nutzenergie:

In der folgenden Auswertung wird nach Primär-, End- und Nutzenergie unterschieden. Die Definition sowie die jeweiligen Anwendungs-, bzw. Bilanzierungsgrenzen werden folgend kurz erläutert:

- Der Begriff „Primärenergie“ stellt den im wissenschaftlichen Sinn „nicht-regenerativen“ bzw. „fossilen“ Anteil der Primärenergie dar.
- „Endenergie“ stellt den Energiebedarf ab Gebäudegrenze dar, das heißt im Gegensatz zur Nutzenergie werden die hausseitig und anlagentechnisch bedingten Energieverluste mit enthalten.
- Die reine „Nutzenergie“ bezeichnet den Wärmebedarf für die beheizten Räume der jeweiligen Gebäude.

Den Unterschied der Energieformen soll der beispielhafte Vergleich von Heizöl (fossiler Energieträger) und Holzpellets (regenerativer Energieträger) zeigen. Ähnlich verhält es sich auch mit anderen regenerativen und fossilen Energieträgern.

Bei der **Endenergie** handelt es sich um die Menge Energie, die im Energieträger unmittelbar gespeichert ist. So enthalten beispielsweise 1.000 Liter Heizöl oder ca. 2 Tonnen Holzpellets mit jeweils ca. 10.000 kWh_{Hu} dieselbe Menge Endenergie. Unter der vergleichenden Annahme, dass beide Heizsysteme denselben gegebenen Wirkungsgrad und dieselben gegebenen Leitungsverluste haben, können in der beispielhaften Betrachtung jeweils ca. 8.000 kWh_{th} als Nutzenergie (Nutzenergie = Endenergie -

Systemverluste) in Form von warmem Wasser im Heizungskreislauf über einen Heizkörper zum Heizen genutzt werden.

Sowohl beim Heizöl als auch bei den Holzpellets wird in dieser Betrachtung also dieselbe Menge End- und Nutzenergie verbraucht. Sie unterscheiden sich jedoch maßgeblich im **Primärenergieverbrauch.** Dieser gibt an, wie viel Energie welcher Art insgesamt – inklusive aller Vorketten – in dem jeweiligen Energieträger beinhaltet ist und zur Herstellung und Verteilung benötigt wurde. Sie setzt sich aus „fossiler" Primärenergie und „regenerativer" Primärenergie zusammen. Während es sich bei der fossilen Primärenergie um den Anteil Primärenergie handelt, der über viele Millionen Jahre Erdgeschichte in Gesteinsschichten gebildet wurde (Erdöl, Erdgas, Kohle), handelt es sich beim regenerativen Anteil Primärenergie um denjenigen Anteil, der durch Sonne, Wind und andere Formen erneuerbarer Energien bereitgestellt wurde. Bei dem Energieträger Holz handelt es sich in diesem Zusammenhang zum Beispiel um Sonnenenergie, die durch Photosynthese den Baum hat wachsen lassen. Jedoch wird auch bei dem Energieträger Holz häufig noch ein kleiner Anteil fossiler Primärenergie benötigt, um den Energieträger in der Vorkette z.B. mit benzinbetriebenen Erntemaschinen (Verbrauch fossiler Kraftstoffe) aus dem Wald zu holen oder diesen bis zum Endverbraucher zu liefern (z.B. Benzin oder Diesel für den Transport im LKW).

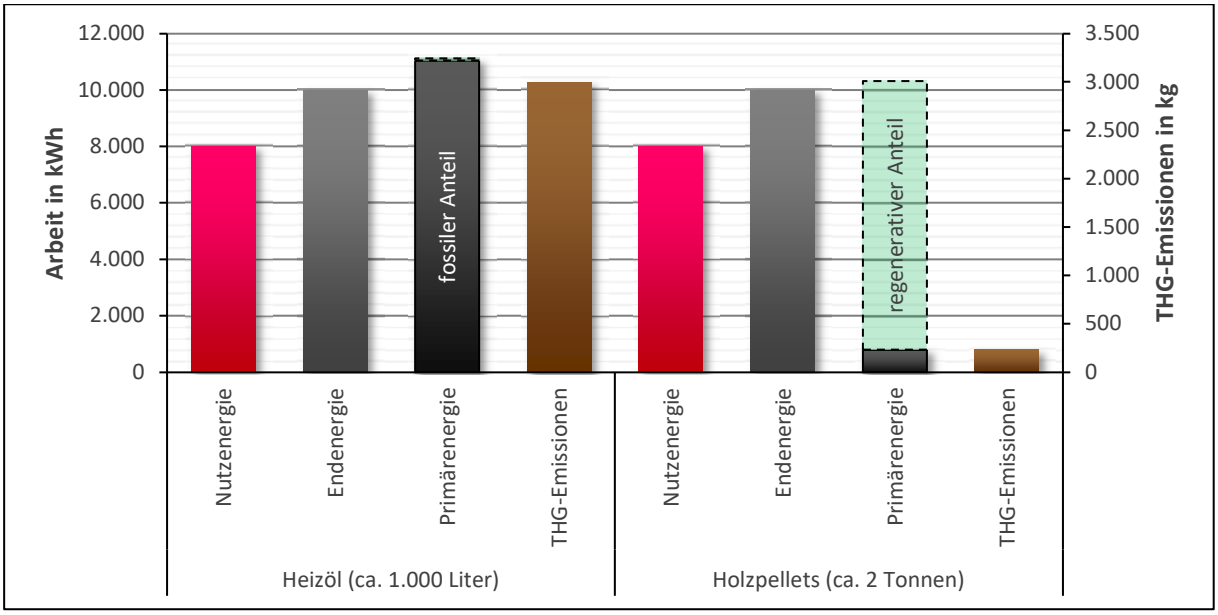

Abb. 31: Vergleich der Energieformen Nutz-, End- und Primärenergie
(QUELLE: IINAS 2022, EIGENE BERECHNUNGEN UND DARSTELLUNG EVF 2022)

5.2.1 Primärenergiebedarf

Der aktuell ermittelte Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt 595.026 kWh/a und kann durch die vorhergehend beschriebenen Sanierungsmaßnahmen auf 75.103 kWh/a reduziert werden. Bezogen auf die Fläche entspricht das im Ist-Zustand einem Primärenergiebedarf von 224 kWh/m²a und lediglich 28 kWh/m²a im sanierten Zustand.

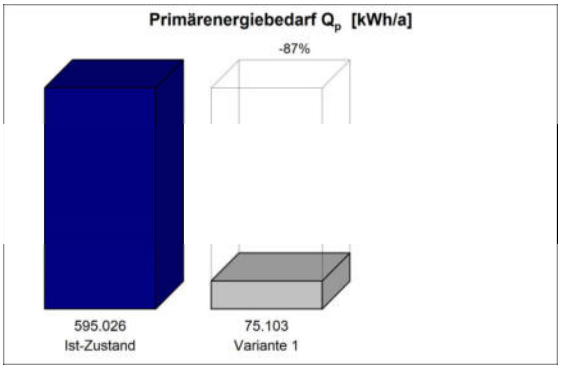

Abb. 32: Primärenergiebedarf absolut pro Jahr

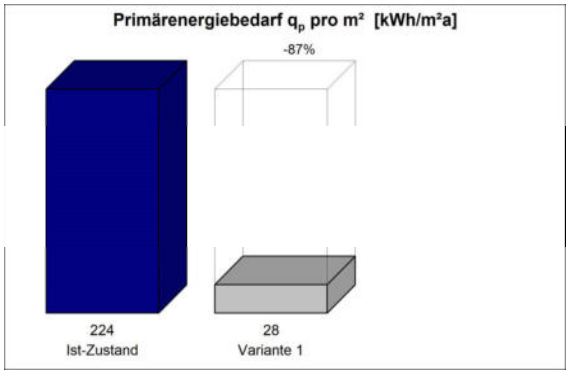

Abb. 33: Flächenbezogener Primärenergiebedarf/a

5.2.2 Endenergiebedarf

Der aktuell ermittelte Endenergiebedarf des Gebäudes beträgt 577.476 kWh/a und kann durch die vorhergehenden beschriebenen Sanierungsmaßnahmen auf 236.971 kWh/a reduziert werden. Bezogen auf die Fläche entspricht dies im Ist-Zustand einem Endenergiebedarf von 218 kWh/m²a und lediglich 89 kWh/m²a im sanierten Zustand.

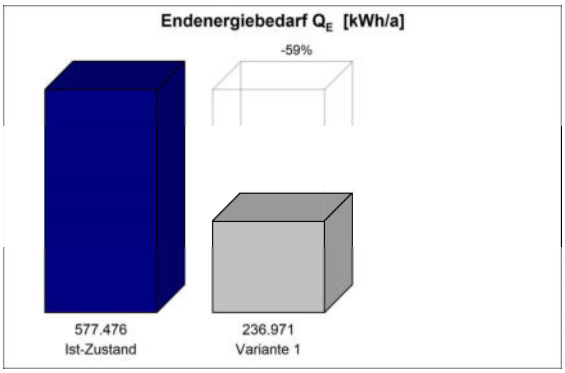

Abb. 34: Endenergiebedarf pro Jahr

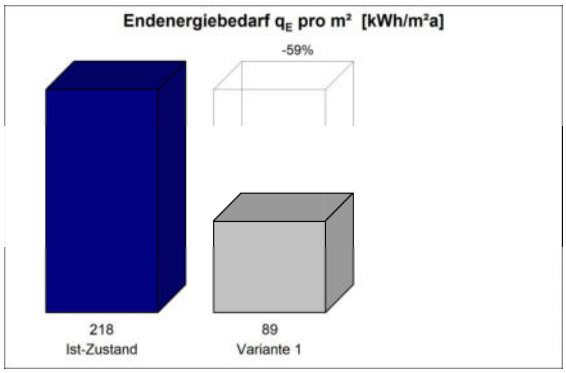

Abb. 35: Flächenbezogener Endenergiebedarf /a

5.2.3 Nutzenergiebedarf

Der aktuelle ermittelte Nutzenergiebedarf des Gebäudes beträgt 362.672 kWh/a und kann durch die Sanierungsmaßnahmen auf 142.079 kWh/a reduziert werden. Bezogen auf die Fläche entspricht dies im Ist-Zustand einem Nutzenergiebedarf von 137 kWh/m²a und lediglich 54 kWh/m²a im sanierten Zustand.

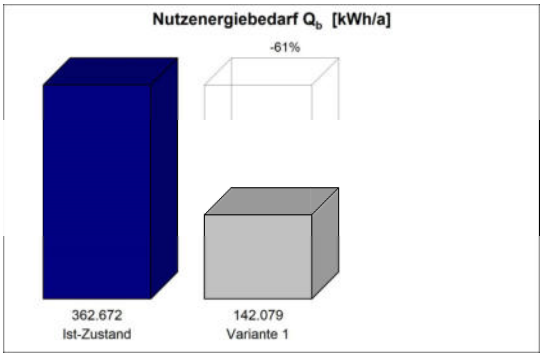

Abb. 36: Nutzenergiebedarf pro Jahr

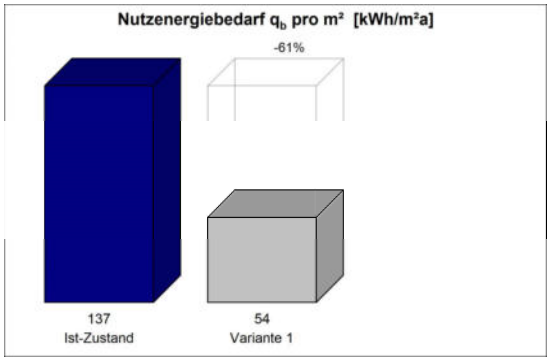

Abb. 37: Flächenbezogener Nutzenergiebedarf /a

Durch die Sanierungsmaßnahmen kann ein Effizienzgebäude 40 erreicht werden.

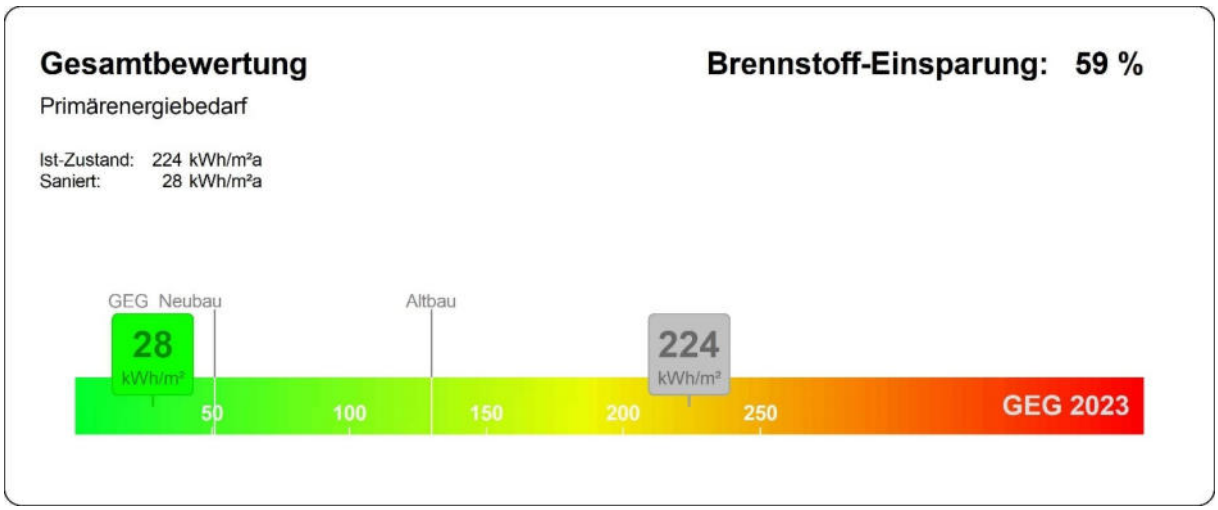

Abb. 38: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

6 Sanierungskosten

Die gesamten Sanierungskosten setzen sich aus der Optimierung der Gebäudehülle sowie der Anlagentechnik (Heizung/ Lüftung) zusammen.

Tab. 16: Grobkostenschätzung für einzelne Sanierungsmaßnahmen - Nettokosten

Maßnahme	Grobkostenschätzung
Bodenplatte	172.243 €
Außenwand	163.795 €
Außenwand Erdreich	15.605 €
Fenster	75.577 €
Lichtkuppeln	3.856 €
Außentüren	20.460 €
Tore	83.316 €
Dach	145.418 €
Heizung	117.647 €
Dezentrale Lüftung	23.109 €
Gesamtkosten	**821.026 €**

Hinweis: Für die Kostenermittlung wurden pauschalisierte Preise zu Grunde gelegt, diese können sich durch die Wahl von anderen Baustoffen von den tatsächlichen Kosten unterscheiden. Es ist daher sinnvoll sich verschiedene Angebote einzuholen und sich verschiedene Konstruktionen anbieten zu lassen. Auch die aktuell in Verbindung mit Lieferengpässen stehenden und im Rahmen der durch den Ukraine-Krieg ausgelösten Energiekrise ständig steigenden Baukosten sind schwer abzubilden und können zu teils größeren Abweichungen führen.

Förderung:

Für die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen sind zwei unterschiedlichen Förderkulissen vorhanden, die in den folgenden Abschnitten dargestellt werden:

- BEG-EM: Sanierung Schritt für Schritt mit Einzelmaßnahmen
- KfW 464: Komplettsanierung in einem Zug

6.1 Sanierung Schritt für Schritt mit Einzelmaßnahmen

Bei einer Schritt-für-Schritt- Sanierung mit Einzelmaßnahmen können über das BEG-EM folgende Förderungen bezogen werden (Stand: 05.2023):

Tab. 17: Förderungen für Einzelmaßnahmen:

	Kosten	Förder-quote	Förderung	übrige Kosten
Boden	172.243 €	15%	25.836 €	146.407 €
Außenwand	163.795 €	15%	24.569 €	139.226 €
Außenwand Erdreich	15.605 €	15%	2.341 €	13.265 €
Fenster	75.577 €	15%	11.337 €	64.241 €
Lichtkuppeln	3.856 €	15%	578 €	3.278 €
Außentüren	20.460 €	15%	3.069 €	17.391 €
Tore	83.316 €	15%	12.497 €	70.819 €
Dach	145.418 €	15%	21.813 €	123.606 €
Heizung	117.647 €	40%	47.059 €	70.588 €
Dezentrale Lüftung	23.109 €	15%	3.466 €	19.643 €
Gesamtkosten	**821.026 €**		**152.565 €**	**668.461 €**

Da für den Austausch der Heizungsanlage bereits letztes Jahr eine Förderung beantragt wurde, konnte für die Biomasseheizung noch eine Förderung von 40% bezogen werden. Diese ist auch bereits vom Bund bewilligt. Es ist darauf zu achten, dass der Bewilligungszeitraum am 28.11.2024 endet.

6.2 Komplettsanierung in einem Zug

Wenn das Gebäude in einem Zug zu einem Effizienzgebäude 40 saniert wird, kann eine Förderung in Form eines Zuschusses von 35% über das Programm KfW 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“ bezogen werden. Dies entspricht einer Fördersumme von 287.360 €. Der restliche Betrag der Sanierungskosten beträgt 533.669 €.

Alternativ kann auch ein Tilgungszuschuss von 20% über das Programm KfW 264 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit“ beantragt werden. Die Förderhöhe beträgt dann 164.206 € bei einem Restbetrag von 656.823 €.

7 Förderung

7.1 Förderhinweise (April 2023)

KfW 264 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit“
Die energetische Sanierung öffentlicher Gebäude, die kommunalen und sozialen Zwecken dienen, wird über das KfW-Programm 264 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit“ gefördert. Die Förderung geschieht in der Gewährung eines zinsgünstigen Finanzierungskredits und Tilgungszuschüssen, deren Höhe sich nach dem nach der Sanierung erreichten Effizienzgebäude-Standard richtet. Für die Durchführung von Einzelmaßnahmen wird ein pauschaler Tilgungszuschuss von 20 % der förderfähigen Kosten gewährt. Die Höhe der Tilgungszuschüsse wird zudem durch einen maximalen Zuschussbetrag von 2.000 € pro m² Nettogrundfläche begrenzt. Für die Sanierung eines „Worst Performing Buildings“ (WPB) können 10 % Extra-Tilgungszuschuss bezogen werden.

Tab. 18: KfW 264 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit (Konditionen Stand 04/2023)

Sanierung	Tilgungszuschuss	Höchstbetrag pro m²
Effizienzgebäude 40	20 %	400 €
Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	25 %	500 €
Effizienzgebäude 55	15 %	300 €
Effizienzgebäude 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	20 %	400 €
Effizienzgebäude 70	10 %	200 €
Effizienzgebäude 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	15 %	300 €
Effizienzgebäude Denkmal	5 %	100 €
Effizienzgebäude Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	10 %	200 €

Die Zinskonditionen für das Finanzierungsdarlehen liegen je nach Laufzeit zwischen 0,0 und 0,33 % (Stand 04/2023). Es steht ein maximales Kreditvolumen von 10 Mio. € mit drei Finanzierungsvarianten zur Verfügung:

Tab. 19: Finanzierungsvarianten für KfW 264

Laufzeit (a)	tilgungsfreie Anlaufjahre	Zinsbindung (a)
10	2	10
20	3	10
30	5	10

Hinweis der KfW:

Um die zur Verfügung stehenden Mittel gleichmäßig verteilen zu können, wurden im Rahmen der Steuerung des kommunalen Direktkreditgeschäfts folgende Obligogrenzen pro Darlehensnehmer festgelegt:

- Bei Städten und Gemeinden bis zu 1.000 Euro pro Einwohner/in.
- Bei Gemeindeverbänden und Landkreisen bis zu 300 Euro pro Einwohner/in.

Bei beiden zuvor genannten Antragstellergruppen gilt unabhängig von den jeweiligen Pro-Kopf-Beträgen jedoch maximal 10 Mio. Euro.

7.1.1 KfW 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“

Eine weitere Fördermöglichkeit für die energetische Sanierung öffentlicher Gebäude, die kommunalen und sozialen Zwecken dienen, biete das KfW-Programm 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“. Die Förderung geschieht in der Gewährung eines Zuschusses, deren Höhe sich nach dem nach-Sanierung erreichten Effizienzgebäude-Standards richtet. Die Höhe der Tilgungszuschüsse wird zudem durch einen maximalen Zuschussbetrag von 2000 € pro m² Nettogrundfläche begrenzt.

Tab. 20: KfW 464 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss – Konditionen Stand 04/2023

Sanierung	Tilgungszuschuss	max. Zuschuss
Effizienzgebäude 40	35 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3,5 Mio. Euro
Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	40 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 4 Mio. Euro
Effizienzgebäude 55	30 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3 Mio. Euro
Effizienzgebäude 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	35 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3,5 Mio. Euro
Effizienzgebäude 70	25 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 2,5 Mio. Euro
Effizienzgebäude 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	30 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3 Mio. Euro
Effizienzgebäude Denkmal	20 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 2 Mio. Euro
Effizienzgebäude Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	25 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 2,5 Mio. Euro

Der max. Zuschussbetrag für ein Effizienzgebäude liegt bei 4 Mio. Euro pro Vorhaben, bei dem eine neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird.

7.1.2 BEG – Bundesförderung für effiziente Gebäude

Die energetische Sanierung von Gebäuden in Form von baulichen Einzelmaßnahmen wird seit Jahresbeginn 2021 im Rahmen der BEG (Bundesförderung für effiziente Gebäude) gefördert. Sofern die vom BEG geforderten Mindestanforderungen für die U-Werte der betreffenden Bauteile eingehalten werden, gilt ein Fördersatz von 15 %. Das Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 2.000 € (brutto) und ist gedeckelt auf 1.000 €/m² und maximal 5 Mio. €. Um die Förderung zu erhalten, ist grundsätzlich die Einbeziehung eines EnergieEffizienz-Experten im Rahmen der sogenannten Baubegleitung notwendig. Die Leistungen der EnergieEffizienz-Experten werden dabei zu 50 % gefördert.
Die Nutzung erneuerbarer Energien zu Heizzwecken wird ebenfalls durch das BEG gefördert. Dabei wird der Austausch einer bestehenden durch eine neue Anlage bestimmten Typs gefördert. Neben den Kosten für die Anlagentechnik und die Heizungsoptimierung werden sämtliche mit der Maßnahme in Verbindung stehende Kosten gefördert. Die Höhe der Förderungen für einen Heizungstausch sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tab. 21: BEG-Förderung: Heizungsanlagen (Stand 05/2023)

Neue Heizanlagen:	Förderung	Heizungs-Tausch-Bonus	Wärmepumpen-Bonus	max. Förderung
Wärmepumpe	25%	10%	5%	40%
Biomasseheizung	10%	10%		20%
Solarthermieanlage	25%	10%		35%
Brennstoffzellenheizung	25%	10%		35%
Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien	25%	10%		35%
Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (ohne Biomasse)	30%			30
Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 25% Biomasse für Spitzenlasten)	25%			25%
Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 75% Biomasse für Spitzenlasten)	20%			20%
Anschluss an ein Gebäudenetz	25%	10%		35%
Anschluss an ein Wärmenetz	30%	10%		40%

Für die Beantragung der Fördermittel bei Heizungstausch ist grundsätzlich kein EnergieEffizienz-Experte notwendig. Die Antragsstellung kann selber durch den Antragssteller online vorgenommen werden. Nach Abschluss der Maßnahme muss eine Fachunternehmererklärung der ausführenden Fachfirma beim Fördergeber eingereicht werden.
Weiterhin werden Sanierungsmaßnahmen für sonstige Anlagentechnik (außer Heizung) mit 15 % gefördert. Hierzu zählen Raumlufttechnische Anlagen, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Kältetechnik zur Raumkühlung und der Einbau von energieeffizienten Beleuchtungssystemen. Das Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 2.000 € (brutto) und ist gedeckelt auf 1.000 €/m² und maximal 5 Mio. €. Um die Förderung zu erhalten ist ebenfalls die Einbeziehung eines EnergieEffizienz-Experten im Rahmen der sogenannten Baubegleitung notwendig. Die Leistungen der EnergieEffizienz-Experten werden dabei mit 50 % gefördert.

7.1.3 Kommunalrichtlinie

Die Bundesrepublik Deutschland fördert die Umrüstung von kommunaler Innen- und Hallenbeleuchtung auf hocheffiziente LED-Technik im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (Kommunalrichtlinie – Investive Maßnahmen). Konkret handelt es sich dabei um das Förderprogramm für investive Klimaschutzmaßnahmen zur Sanierung der Innen- und Hallenbeleuchtung. Die Integration intelligenter Steuerungs- und Regeltechnik ist im Förderumfang enthalten.

Grundsätzlich wird eine Förderung im Sinne eines Investitionskostenzuschusses gewährt, wenn durch die Umrüstungsmaßnahmen eine CO_2-Emissionsminderung von mindestens 50% in allen von der Umrüstung betroffenen Leuchtensystemen erreicht wird, die Lichtplanung nach DIN EN 12464-1:2011-08 bzw. bei Sportstätten nach DIN EN 12193 durch qualifizierte Planer durchgeführt wird und weitere technische Mindestanforderungen bei den geplanten Leuchtensystemen eingehalten werden.

In diesem Falle gewährt der Fördergeber aktuell einen Zuschuss in Höhe von 25% der zuwendungsfähigen Kosten. Kommunen, die dem Fördergeber gegenüber ihre Finanzschwäche nachweisen können, sowie Antragstellende aus Braunkohlegebieten erhalten einen erhöhten Fördersatz von 40%.

Die Förderung wird durch Einreichung von Förderanträgen bei der zuständigen Zukunft – Umwelt – Gesellschaft (ZUG) GmbH beantragt. Weitere Informationen zur obigen Fördermaßnahme können der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld unter https://www.klimaschutz.de/kommunalrichtlinie entnommen werden.

8 Wirtschaftlichkeit

8.1 Wirtschaftlichkeitskalkulation ohne Förderung

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtkostenvolumen ohne Berücksichtigung der Förderungen von 821.029 €.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Tab. 22: Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Parameter	Umfang
Betrachtungszeitraum	30 Jahre
Aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	95.297 €/a
Aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	15.466 €/a
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Heizungsanlage	3,50 %
Teuerungsrate Wartungskosten	4,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %

Daraus ergeben sich über die Nutzungsdauer von 30 Jahren die folgenden gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tab. 23: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen

	Mittl. Jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	56.491 €/a	1.694.730 €
Wartungskosten	8.803 €/a	264.090 €
Reduzierte Brennstoffkosten	25.767 €/a	773.010 €
Gesamtkosten Saniert	91.061 €/a	2.731.830 €
Brennstoffkosten ohne Sanierungsmaßnahmen	158.765 €/a	4.762.950 €
Mittlere Einsparung	67.704 €/a	2.031.120 €

Hieraus ergibt sich eine Amortisationsdauer ohne Berücksichtigung der Förderung von 13 Jahren. Innerhalb von 30 Jahren können durch die Sanierungsmaßnahmen ca. 2 Mio € eingespart werden.

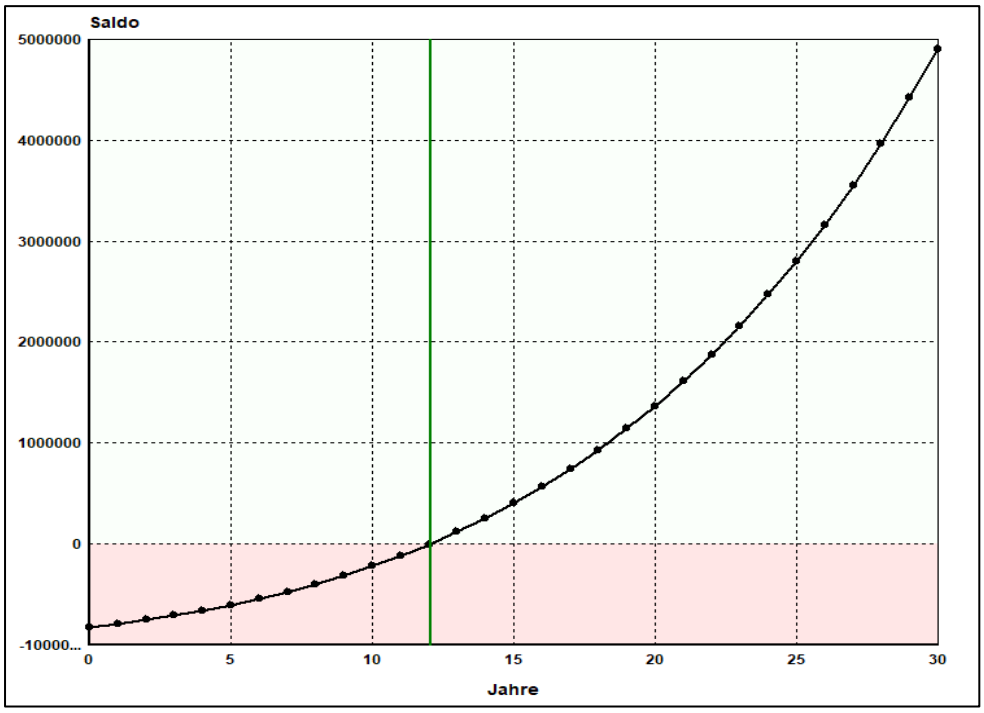

Abb. 39: Amortisation der Sanierungsmaßnahme ohne Förderung

Nachfolgend ist im Diagramm dargestellt wie sich die Wirtschaftlichkeit bezogen auf die Änderung der Teuerungsraten anpasst. Je geringer die Teuerungsraten desto schneller amortisieren sich die Maßnahmen.

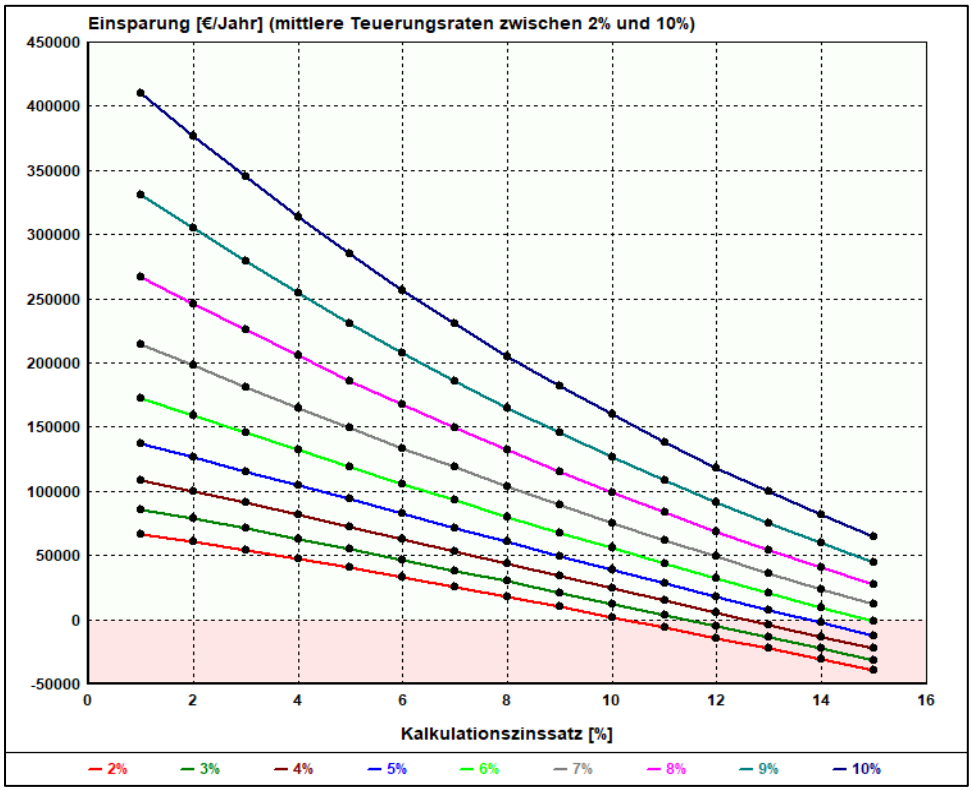

Abb. 40: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen

8.2 Wirtschaftlichkeitskalkulation mit Förderung

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtkostenvolumen Berücksichtigung der Förderung für Einzelmaßnahmen von 668.463 €.

Es wurden dieselben Parameter zugrunde gelegt wie ohne Berücksichtigung der Förderung, siehe Tabelle Tab. 22: Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung.
Daraus ergeben sich über die Nutzungsdauer von 30 Jahren die folgenden gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tab. 24: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung

	Mittl. Jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	45.994 €	1.379.820 €
Wartungskosten	8.803 €	264.090 €
Reduzierte Brennstoffkosten	25.767 €	773.010 €
Gesamtkosten Saniert	80.564 €	2.416.920 €
Brennstoffkosten ohne Sanierungsmaßnahmen	158.765 €	4.762.950 €
Mittlere Einsparung	78.201 €	2.346.030 €

Hieraus ergibt sich eine Amortisationsdauer mit Berücksichtigung der Förderung von knapp 10 Jahren. Innerhalb von 30 Jahren können durch die Sanierungsmaßnahmen ca. 2,4 Mio € eingespart werden.

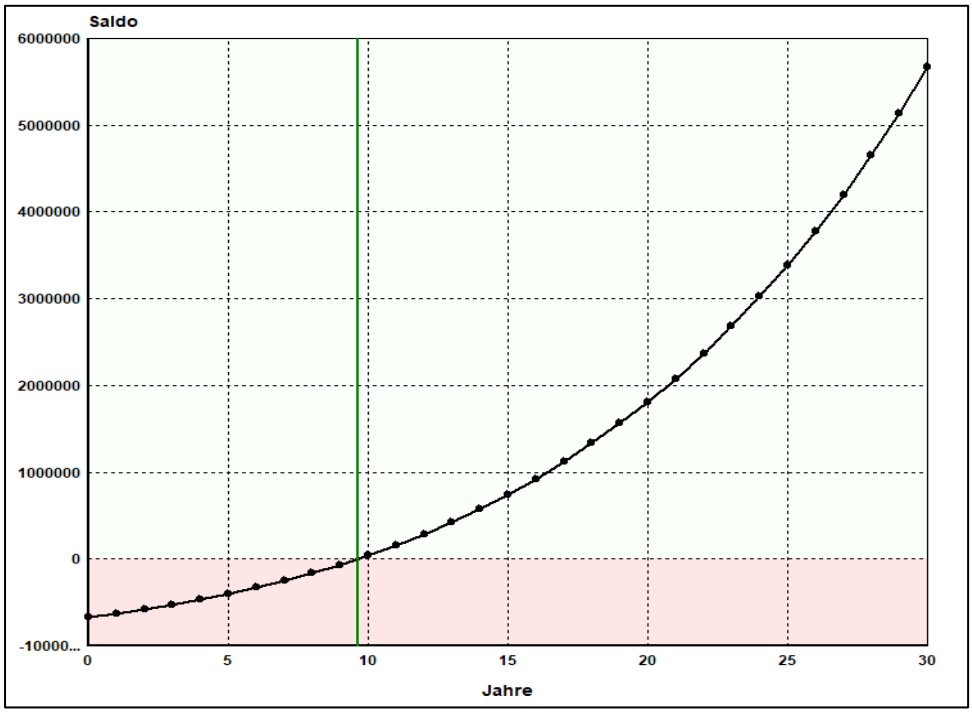

Abb. 41: Amortisation der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung

Nachfolgend ist im Diagramm dargestellt wie sich die Wirtschaftlichkeit bezogen auf die Änderung der Teuerungsraten anpasst. Je geringer die Teuerungsraten desto schneller amortisieren sich die Maßnahmen.

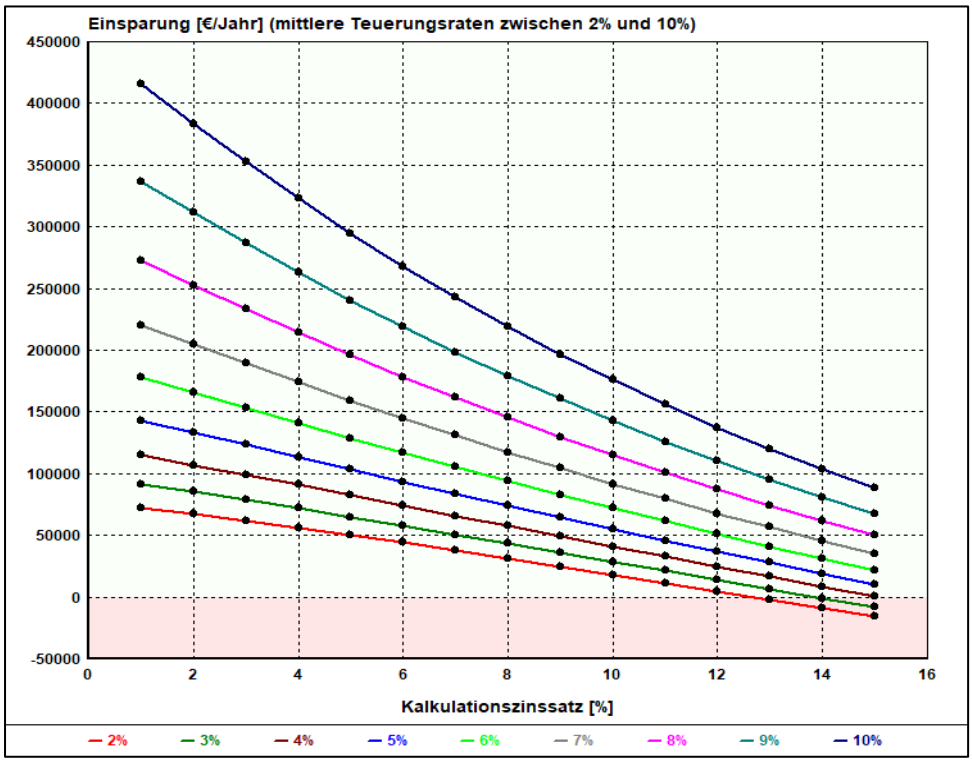

Abb. 42: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen

8.3 Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeit

Vorangehend wurden die verschiedenen Sanierungsmaßnahmen dargestellt und die Wirtschaftlichkeitskalkualtionen der Maßnahmen mit und ohne Förderung dargelegt.

Zusammenfassend kann die Aussage getroffen werden, dass eine förderkonforme Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen einen Investitionsvorteil von 400.000 € bietet.

Trotz der hohen Sanierungskosten können über den zukünftig reduzierten Energiebedarf insgesamt bis zu 2,4 Mio. € über eine Laufzeit von 30 Jahren eingespart werden.

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Luftbild des Bauhofgeländes 2
Abb. 2: Gesamtübersicht Bauhof 2
Abb. 3: Ansichten Süd 3
Abb. 4: Ansicht von Süd-Ost Abb. 5: Ansicht West 3
Abb. 6: Ansichten Nord 3
Abb. 7: Ansicht Nord Abb. 8: Ansicht Nord-Ost 3
Abb. 9: Gebäudemodell Bauhof 4
Abb. 10: Zonierung UG 5
Abb. 11: Zonierung EG 5
Abb. 12: Gesamtbewertung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes 6
Abb. 13: Flachdach Fahrzeughalle 7
Abb. 14: Flachdach KFZ-Zulassungsstelle 7
Abb. 15: Dachaufbau gedämmt 8
Abb. 16:Außenwand EG 9
Abb. 17: Außenwand KFZ-Zulassungsstelle 9
Abb. 18: Außenwandaufbau gedämmt 11
Abb. 19: Fensterband Fahrzeughalle 14
Abb. 20: Fenster Sozialräume 14
Abb. 21: Lichtkuppel 14
Abb. 22: Verschlossene Lichtkuppeln 14
Abb. 23: Tore Fahrzeughalle 15
Abb. 24: Tore Werkstätten 15
Abb. 25 Werkstätten 16
Abb. 26: Bodenplatte gedämmt 17
Abb. 27: 2.Gaskessel 18
Abb. 28: 1.Gaskessel mit Speicher 18
Abb. 29: Energieverbrauch je Sanierungsmaßnahme 20
Abb. 30: Berechnung des Energiebedarfs 21

Abb. 31: Vergleich der Energieformen Nutz-, End- und Primärenergie 22

Abb. 32: Primärenergiebedarf absolut pro Jahr 23

Abb. 33: Flächenbezogener Primärenergiebedarf/a 23

Abb. 34: Endenergiebedarf pro Jahr 23

Abb. 35: Flächenbezogener Endenergiebedarf /a 23

Abb. 36: Nutzenergiebedarf pro Jahr 24

Abb. 37: Flächenbezogener Nutzenergiebedarf /a 24

Abb. 38: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf 24

Abb. 39: Amortisation der Sanierungsmaßnahme ohne Förderung 32

Abb. 40: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen 32

Abb. 41: Amortisation der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung 33

Abb. 42: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen 34

10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Legende der Zonierung nach DIN 18599 4

Tab. 2: Dachaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand 7

Tab. 3: Dachaufbau KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand..... 8

Tab. 4: Dachaufbau Fahrzeughalle von innen nach außen – sanierter Zustand 8

Tab. 5: Erdgeschosswandaufbau KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – unsanierter Zustand 10

Tab. 6: Erdgeschosswandaufbau Fahrzeughalle von innen nach außen – unsanierter Zustand 10

Tab. 7: Kellerwandaufbau Typ 1 von innen nach außen – unsanierter Zustand..... 10

Tab. 8: Kellerwandaufbau Typ 2 von innen nach außen – unsanierter Zustand..... 10

Tab. 9: Außenwandaufbau Typ1 KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand 11

Tab. 10: Außenwandaufbau Typ 2 Kfz-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand .. 11

Tab. 11: Außenwandaufbau Fahrzeughalle von innen nach außen – sanierter Zustand..... 12

Tab. 12: Außenwandaufbau Erdreich Typ 1 KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand 12

Tab. 13: Außenwandaufbau Erdreich Typ 2 KFZ-Zulassungsstelle von innen nach außen – sanierter Zustand 13

Tab. 14: Bodenaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand 16

Tab. 15: Nutzenergieverbrauch..... 20

Tab. 16: Grobkostenschätzung für einzelne Sanierungsmaßnahmen - Nettokosten 25

Tab. 17: Förderungen für Einzelmaßnahmen:..... 26

Tab. 18: KfW 264 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit (Konditionen Stand 04/2023) 27

Tab. 19: Finanzierungsvarianten für KfW 264 27

Tab. 20: KfW 464 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss – Konditionen Stand 04/2023 28

Tab. 21: BEG-Förderung: Heizungsanlagen (Stand 05/2023)..... 29

Tab. 22: Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung 31

Tab. 23: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen 31

Tab. 24: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung 33

Klimaschutzkonzept der Stadt Alzenau 2023

Anlage 3b

Konzept für die energetische Sanierung

PRISCHOSSHALLE

Impressum

Bearbeitungszeitraum: 01/2022 – 04/2023

Projekttitel: Klimaschutzkonzept Alzenau 2023 – Anlage 3

Auftraggeber: Stadt Alzenau
Hanauer Straße 1
63755 Alzenau

Ansprechpartner: Herr Roth
Sachgebietsleitung Umwelt
Brentanostraße 3
63755 Alzenau
Tel. 06023 / 502 920
roth.matthias@alzenau.de

Bearbeitung: EVF – Energievision Franken GmbH
Schwarzenbacher Str. 2
95237 Weißdorf

E-Mail: mail@energievision-franken.de
Web: www.energievision-franken.de

Autoren: M. Eng. Nadja Muche

Bildnachweis: Wenn nicht anders gekennzeichnet: EVF – Energievision Franken GmbH

Urheberrechtshinweis: Die vorliegende Studie unterliegt dem geltenden Urheberrecht. Ohne die ausdrückliche Zustimmung der Autoren und des Auftraggebers darf diese oder Auszüge daraus insbesondere nicht veröffentlicht, vervielfältigt und/oder anderweitig an Dritte weitergegeben werden. Sollte einer derartigen Nutzung zugestimmt und der Inhalt an anderer Stelle wiedergegeben werden, sind die Autoren gemäß den anerkannten wissenschaftlichen Arbeitsweisen zu nennen.

Darüber hinaus sind unbedingt die im Literatur- und Quellenverzeichnis genannten weiteren Urheberrechte und Lizenzen zu beachten!

Haftungsausschluss: Die vorliegende Studie wurde nach dem aktuellen Stand der Technik, nach den anerkannten Regeln der Wissenschaft sowie nach bestem Wissen und Gewissen der Autoren erstellt. Irrtümer vorbehalten.

Fremde Quellen wurden entsprechend gekennzeichnet. Die Ergebnisse basieren weiterhin im dargelegten Maß auf Aussagen und Daten von fachkundigen Dritten, die im Rahmen von Befragungen ermittelt wurden. Alle Angaben und Quellen wurden sorgfältig auf Plausibilität geprüft. Die Autoren können dahingehend jedoch keine Garantie für die Belastbarkeit der ausgewiesenen Ergebnisse geben.

Weiterhin basieren die Ergebnisse der Studie auf Rahmenbedingungen, die sich aus den dargelegten Gesetzen, Verordnungen und rechtlichen Normen ergeben. Diese, bzw. deren gerichtliche Auslegung, können sich ändern. Die Studie kann dahingehend nicht den Anspruch erheben, eine Rechtsberatung zu ersetzen und darf auch ausdrücklich nicht als solche verstanden werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum II
Inhaltsverzeichnis III
1 Zusammenfassung /Einleitung 1
2 Beschreibung des betrachteten Objektes 2
3 Darstellung des Ist-Zustandes des Gebäudes 4
4 Sanierung des Gebäudes 9
4.1 Gebäudehülle 9
4.1.1 Dach 9
4.1.2 Außenwände 10
4.1.3 Fenster 13
4.1.4 Außentüren und Tore 14
4.1.5 Unterster Gebäudeabschluss 15
4.2 Heizungsanlage 17
4.3 Lüftung 18
4.4 Beleuchtung 18
4.5 Sommerlicher Wärmeschutz 18
5 Energieeinsparung 19
5.1 Energieeinsparung nach Einzelmaßnahmen 19
5.2 Einsparung von Primär -, End- und Nutzenergie 21
Exkurs: Definition von Primär-, End-, und Nutzenergie: 21
5.2.1 Primärenergiebedarf 23
5.2.2 Endenergiebedarf 23
5.2.3 Nutzenergiebedarf 24
6 Sanierungskosten 25
6.1 Sanierung Schritt für Schritt mit Einzelmaßnahmen 26
6.2 Komplettsanierung in einem Zug 26
7 Förderung 27
7.1 Förderhinweise (April 2023) 27
7.1.1 KfW 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“ 28
7.1.2 BEG – Bundesförderung für effiziente Gebäude 29
7.1.3 Kommunalrichtlinie 30
8 Wirtschaftlichkeit 31
8.1 Wirtschaftlichkeitskalkulation ohne Förderung 31
8.2 Wirtschaftlichkeitskalkulation mit Förderung 33
8.3 Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeit 35
9 Abbildungsverzeichnis V
10 Tabellenverzeichnis VII

1 Zusammenfassung /Einleitung

Der Sanierungsfahrplan wird im Zuge einer Energieberatung erstellt. Er zeigt den aktuellen energetischen Stand des Gebäudes auf und gibt einen grundsätzlichen Überblick über mögliche, sinnvolle Sanierungsmaßnahmen am Gebäude. Im Vordergrund des Sanierungsfahrplans steht aufzuzeigen, welche Einsparpotenziale vorhanden sind und wie diese unter anderem durch eine Förderung effizient umgesetzt werden können. Hier wird sowohl die Sanierung in Einzelmaßnahmen als auch die Komplettsanierung in einem Zug betrachtet.

Am Anfang jeder Energieberatung steht ein Vorortttermin mit einem Beratungsgespräch. Anhand dessen wird im Nachgang mit einer Fachsoftware ein Gebäudemodell erstellt, welches alle Angaben hinsichtlich Materialität der Bauteile der Gebäudehülle und der Anlagentechnik beinhaltet. Auf Basis dessen werden dann die Sanierungsvarianten erstellt. Hier werden dann z.B. neue Bauteilaufbauten definiert und simuliert. Auch die Anlagentechnik wird entsprechend saniert. Bei allen Sanierungsvarianten wird sich an den aktuell geltenden technischen Anforderungen bzgl. der BEG-Förderung orientiert.

Die Sanierungsvarianten bilden die Grundlage für die anschließende Kostenschätzung und Energiebilanzberechnung inkl. CO_2-Bilanz.

Die Analyse des Gebäudes hat folgende Ergebnisse geliefert:

- Das Gebäude hat einen aktuellen Primärenergiebedarf von 281 kWh/(m²a) und ist dringend sanierungsbedürftig.
- Es ist sinnvoll zuerst die Gebäudehülle zu optimieren, sodass der Heizwärmebedarf und die Heizlast gesenkt werden und die neue Heizungsanlage auf den niedrigeren Bedarf ausgelegt werden kann.
- Durch eine förderkonforme Komplettsanierung kann ein Effizienzgebäude 70 mit einem Primärenergiebedarf von 56 kWh/(m²a) erreicht werden.

2 Beschreibung des betrachteten Objektes

Die Prischosshalle entstand in den 70er Jahren. Sie wird hauptsächlich für Schul- und Breitensport genutzt.

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein zweigeschossiges Gebäude mit einem Flachdach. Es sind zum Teil große verglaste Flächen vorhanden.

Direkt angeschlossen an das Gebäude sind Fußballplätze und Außenanlagen für Leichtathletik.

Abb. 1 Luftbild der Prischosshalle
(QUELLE: LUFTBILD GOOGLEMAPS, BEARBEITET DURCH EVF)

Abb. 2: Ansicht Süd 1

Abb. 3: Ansichten Süd 2

Abb. 4: Ansicht Ost 1

Abb. 5: Ansicht Ost 2

Abb. 6: Ansichten West 1

Abb. 7: Ansichten West 2

Abb. 8: Ansicht West 3

Abb. 9: Ansicht Nord 1

Abb. 10: Ansicht Nord 2

Abb. 11: Ansicht Nord 3

Abb. 12: Ansicht Nord 4

3 Darstellung des Ist-Zustandes des Gebäudes

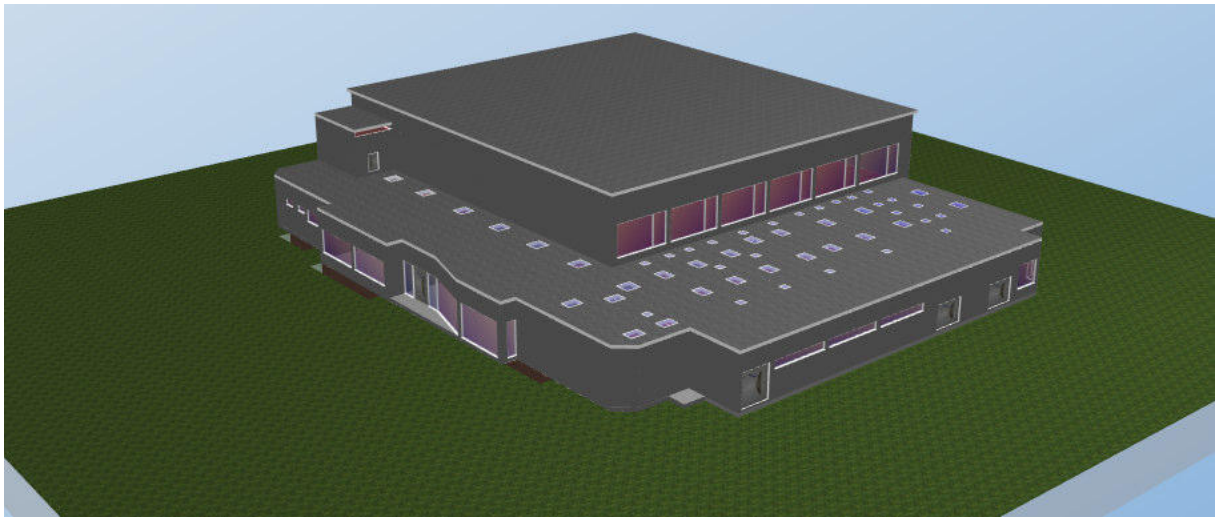

Abb. 13: Gebäudemodell Prischosshalle

Im Untergeschoss der Prischosshalle befinden sich die Technikräume sowie die Vereinsräume. Die Umkleiden, Sanitärräume, Geräteräume, Foyerbereich und die Halle befinden sich im Erdgeschoss. Bei der Halle befindet sich im Obergeschoss ebenfalls eine Tribüne die ca. 250 Sitzplätze beinhaltet.

Um die energetischen Besonderheiten und Anforderungen der verschiedenen Räume abbilden zu können, ist es erforderlich diese in sogenannte Zonen einzuteilen. Hier werden entsprechende Zonenprofile nach DIN 18599-10 hinterlegt, die unter anderem Angaben zur Raumtemperatur, Betriebszeiten und inneren Lasten beinhalten. Das Gebäude kann in folgenden Zonen unterteilt werden:

Tab. 1 Legende der Zonierung nach DIN 18599

Zone	
Verkehrsflächen	
Lager	
Besprechung	
Sonstiger Aufenthaltsbereich (Umkleiden/ Foyer)	
Sanitäranlagen	
Küche	
Turnhalle	
Fitnessraum	
Zuschauerbereich Turnhalle	

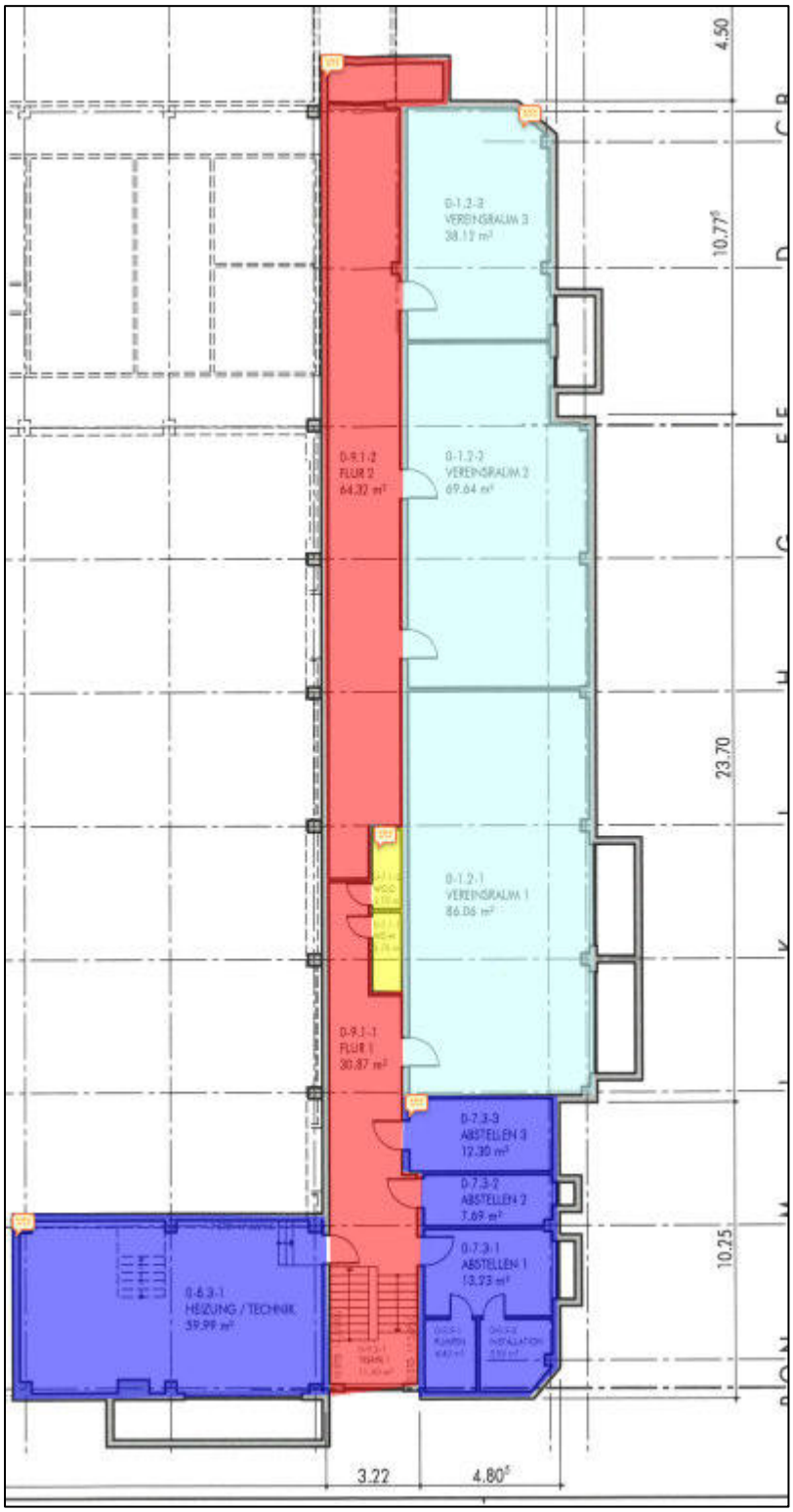

Abb. 14: Zonierung UG

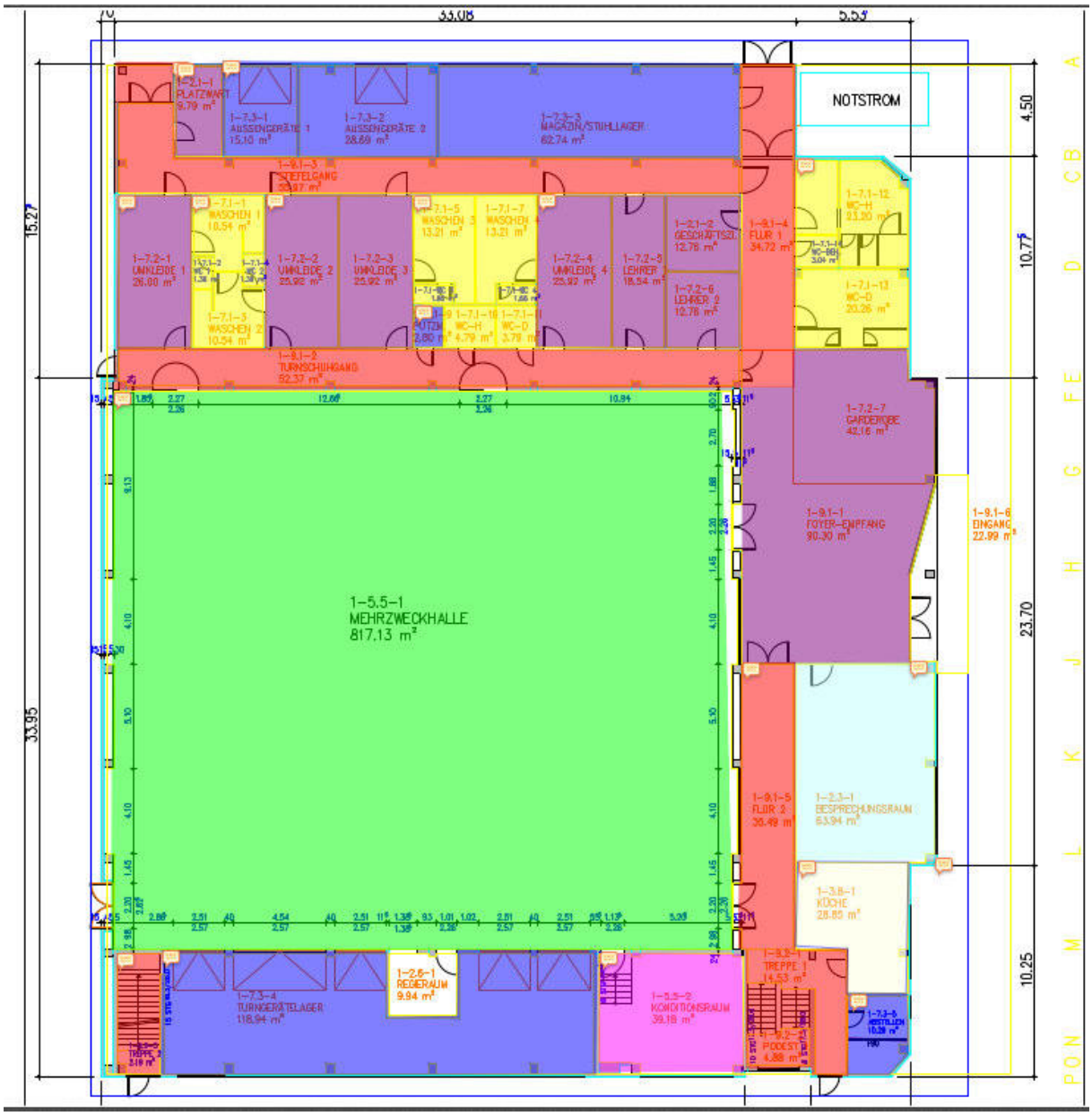

Abb. 15: Zonierung EG

Abb. 16: Zonierung OG

Das Gebäude ist nur im östlichen Bereich neben der Halle sowie dem Konditionsraum unterkellert. Im unterkellerten Bereich befinden sich die Technikräume mit dem Heizraum sowie zwei Vereinsräume. Der Heizraum ist unbeheizt. Zur Beheizung des Gebäudes werden zwei Gaskessel mit einer Leistung von je 377 kW aus dem Baujahr 1977 genutzt.

Insgesamt ist das Gebäude in einem energetisch schlechten Zustand.

Das Dach besteht aus Hebelplatten der vor Ort ansässigen Firma Xella und liegt ungedämmt vor. Im Flachdach sind einige Lichtkuppeln vorhanden, die altersbedingt sanierungsbedürftig sind. Im Bereich der Turnhalle ist ein großes Fensterband vorhanden, welches noch aus den 70er stammt und sich entsprechend in einem altersbedingt schlechten Zustand befindet. Auch die übrigen Metallrahmenfenster sind altersbedingt schlecht. Die Haupteingangstür der Prischosshalle stammt ebenfalls aus dem Baujahr. Auf der Rückseite des Gebäudes sind Nebeneingangstüren zu den Außenanlagen vorhanden. Weiter sind Tore zu den Gerätelagern nach außen vorhanden, welche ebenfalls noch aus dem Baujahr stammen.

Bei den Kellerwänden ist davon auszugehen, dass es sich um Stahlbetonwände handelt, die ungedämmt vorliegen. Im Erdgeschoss wurden 15cm starke Hebelplatten im gesamten Gebäude verbaut. Die Geschossdecken bestehen aus Stahlbeton.

Berechneter Primärenergiebedarf:

Durch die vorhandenen Baumaterialien sowie die bestehende Heizungsanlage ergibt sich in Summe ein Primärenergiebedarf des Bestandsgebäudes von 281 kWh/(m²*a). Bei diesem Wert handelt es sich um den aus energetischer Gesamtsicht relevanten Wert für die Beurteilung des Energiebedarfs. Demnach ist das Gebäude nach GEG 2023 als dringend sanierungsbedürftig einzustufen.

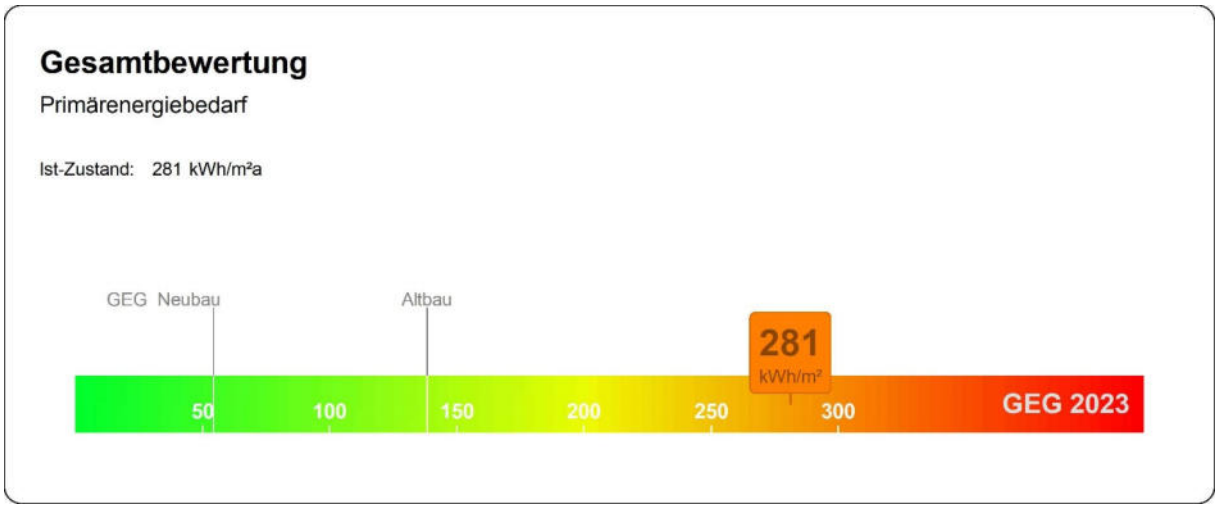

Abb. 17: Gesamtbewertung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes

Bewertung des realen Verbrauchs:

Rechnerisch ergibt sich zudem ein Endenergiebedarf in Höhe von ca. 257 kWh/(m²a). Dieser schlechte berechnete Bedarfswert zeigt sich auch in der Realität: Denn hier wurde auf insgesamt 2.204 m² allein ein Verbrauch für Wärme in Höhe von 394.923 kWh/a verzeichnet. Der tatsächliche Verbrauchswert für Wärme liegt demnach bei 179 kWh/(m²a). Laut Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 15. April 2021 (BAnz AT 03.05.2021 B1) liegt der anzusetzende Vergleichswert für den Endenergieverbrauch für Wärme bei 75,4 kWh/(m²a). Der tatsächliche Wärmeverbrauch ist also folglich ca. 2,5x so hoch wie er bei einem effizienten Gebäude dieser Gebäudekategorie mit der gegebenen technischen Ausstattung eigentlich sein sollte.

Sanierung:

Grundsätzlich sollte zuerst die Gebäudehülle optimiert werden, sodass der Heizwärmebedarf gesenkt werden kann und die neue Heizungsanlage auf den niedrigeren Bedarf ausgelegt werden kann.

4 Sanierung des Gebäudes

Nachfolgend werden die notwendigen Sanierungsschritte der Prischosshalle - aufgeteilt nach Gebäudehülle und Heizungsanlage – dargestellt. Bei der Sanierung wird darauf geachtet, dass alle Sanierungsmaßnahmen nach BEG förderfähig sind. Die gesetzlichen Anforderungen nach GEG liegen unter den Anforderungen des BEG (Fördergeber). Dennoch ist es sinnvoll auf einen besseren Gebäudestandard zu sanieren, da so die energetischen Verluste weiter reduziert werden können, der Heizwärmebedarf sinkt und somit auch langfristig mit niedrigeren Betriebskosten gerechnet werden kann.

Durch eine förderkonforme Komplettsanierung kann ein Effizienzgebäude 70 erreicht werden.

4.1 Gebäudehülle

4.1.1 Dach

Die Lebensdauer einer Flachdachkonstruktion beläuft sich auf ca. 25 Jahre. Das Dach hat dieses Alter weit überschritten, zeigt allerdings keine Undichtigkeiten auf. Die Dachkonstruktion besteht aus Hebelplatten der Firma Xella.

Abb. 19 Flachdach

Abb. 18: Flachdach

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes getroffen:

Tab. 2: Dachaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Hebelplatten der FA Xella	25	0,27
Bitumendachbahn	0,5	0,17

Der U-Wert des Daches in unsaniertem Zustand beträgt 0,89 W/(m²K).

Das Dach kann durch eine Aufdachdämmung optimiert werden. Hierfür bietet sich unter anderem eine PUR/ PIR Dämmung an, die eine sehr gute Wärmeleitgruppe hat.

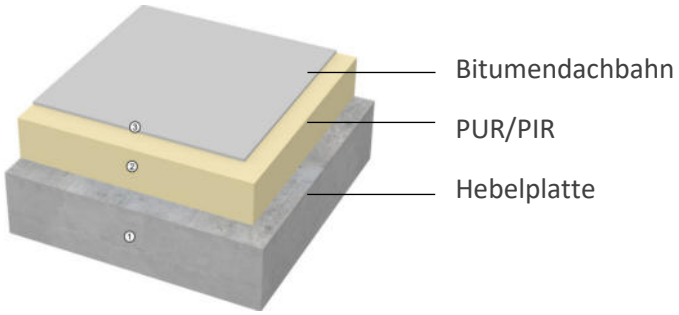

Abb. 20: Dachaufbau gedämmt

Der Dachaufbau der Prischosshalle kann sich in saniertem Zustand beispielsweise wie folgt zusammensetzen:

Tab. 3: Dachaufbau von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Hebelplatten der FA Xella	25	0,27
PUR/PIR	16	0,024
Bitumendachbahn	0,5	0,17

Der U-Wert des Daches im gezeigten saniertem Zustand beträgt 0,13 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt 0,20 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,14 W/(m²K).

Die Wärmeverluste des Dachs können so um bis zu 81 % reduziert werden.

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Zu beachten:

Es wird empfohlen, für die Maßnahme mehrere Angebote von Fachfirmen einzuholen und sich auch über alternative Dämm-Konstruktionen beraten zu lassen. Dabei muss gewährleistet sein, dass der geforderte maximale U-Wert von 0,14 W/(m²K) eingehalten wird. Es ist darauf zu achten, dass die Konstruktion fachgerecht mit allen Dichtungsebenen ausgeführt wird, sodass Wärmebrücken und Bauschäden vermieden werden.

4.1.2 Außenwände

Die Außenwände im Erdgeschoss bestehen wie das Dach aus Hebelplatten der Firma Xella. Im Kellergeschoss handelt es sich um Stahlbetonwände.

Abb. 22: Außenwand EG

Abb. 21: Außenwand Halle

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung
des U-Wertes der Außenwände der Prischosshalle getroffen:

Tab. 4: Erdgeschosswandaufbau Prischosshalle von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Holzverkleidug	2,5	0,18
Stahlbetonstützen/ Luftschicht	15	2,5
Hebelplatten der FA Xella	11,5	0,27

Der U-Wert der Außenwände in unsaniertem Zustand beträgt 1,12 W/(m²K).

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes der Kellerwände getroffen:

Tab. 5: Kellerwandaufbau Typ 1 von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Stahlbeton	25	2,5

Der U-Wert der Kellerwände in unsaniertem Zustand beträgt 3,18 W/(m²K).

Auch im Bereich der Außenwände ist es sinnvoll zu dämmen, um so die Wärmeverluste zu reduzieren. Die Außenwände sind mit einer Außendämmung sowie mit einem Wärmedämmputz zu versehen. Im Bereich der Außenwände, die an Außenluft grenzen, kann zum Beispiel mit einer Mineralfaserdämmung gearbeitet werden. Alle Wände, die an Erdreich grenzen müssen mit einer Perimeterdämmung versehen werden.

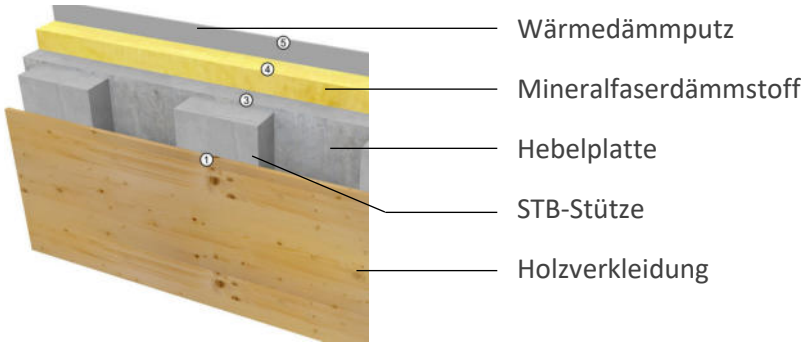

Abb. 23: Außenwandaufbau gedämmt

Der Wandaufbau der Wände der Prischosshalle, die an Außenluft angrenzen, kann sich in saniertem Zustand beispielsweise wie folgt zusammensetzen:

Tab. 6: Außenwandaufbau Prischosshalle von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Holzverkleidug	2,5	0,18
Stahlbetonstützen/ Luftschicht	15	2,5
Hebelplatten der FA Xella	11,5	0,27
Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoffe	14	0,035
Wärmedämmputz	1,5	0,08

Der U-Wert der Außenwände im gezeigten saniertem Zustand beträgt 0,20 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt 0,24 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,20 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Die Wärmeverluste der Außenwände können durch die Dämmung so um bis zu 74 % reduziert werden.

Zu beachten:

Es wird empfohlen, für die Maßnahme mehrere Angebote von Fachfirmen einzuholen und sich auch über alternative Dämm-Konstruktionen – unter anderem diffussionsoffene Konstruktionen – beraten zu lassen.

Unter einer diffusionsoffenen Konstruktion versteht man eine Konstruktion, die gegenüber Dampf und Feuchtigkeit im Allgemeinen einen geringen Widerstand aufweist. Das heißt, Materialien, die über wenig Dichte, eine gute Wärmeisolierung und einen hohen Anteil an offenem Porenraum verfügen, sind diffusionsoffen. Hierzu zählen zum Beispiel Mineralwolle, Holzfaserdämmplatten oder Zellulosefasern.

Die Maßnahme muss fachgerecht durchgeführt werden, um ungewollte Wärmebrücken und Bauschäden zu vermeiden.

4.1.3 Fenster

Fenster haben eine Nutzungsdauer von ca. 30 Jahren. Die mehrheitlich aus den 1970er Jahren stammenden Fenster sollten dementsprechend altersbedingt ausgetauscht werden. Die vorhandenen alten Metallrahmenfenster sind durch moderne energieeffiziente Fenster zu ersetzen.

Abb. 24: Fensterband Turnhalle

Abb. 25: Fenster Lagerräume

Abb. 26: Pfosten Riegel Fassade

Abb. 27: Lichtkuppel

Der einzuhaltende U-Wert der Fenster laut GEG beträgt 1,3 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert der Fenster laut BEG beträgt 0,95 W/(m²K).

Auch die Lichtkuppel sollten zeitnah ersetzt werden, da diese ebenfalls in einem altersbedingt schlechten Zustand sind.

Laut GEG gibt es keine Vorgaben beim Austausch von Lichtkuppeln.

Hingegen beträgt der einzuhaltende U-Wert bei Lichtkuppeln laut BEG 1,5 W/(m²K).

Die Wärmeverluste der Fenster können so um bis zu 67 % reduziert werden. Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Ein neuer Sonnenschutz mit einem sehr guten Abschattungsfaktor sollte ebenfalls in Betracht gezogen werden um einer Überhitzung im Sommer entgegen zu wirken.

Zu beachten:

Durch die Maßnahme wird das Gebäude luftdichter und der U-Wert der Fenster liegt unter dem U-Wert der Wände, sofern diese bis dahin nicht energetisch saniert wurden. Es besteht die Gefahr, dass sich ohne ausreichende Lüftung Feuchtigkeit an Wärmebrücken der Außenwände niederschlägt und sich Schimmel bilden kann. Es ist deshalb wichtig, ausreichend zu lüften. Sollte der Fenstertausch als Einzelmaßnahme erfolgen, sollte über eine bedarfsgerechte Lüftung (z.B. in Form von Fensterfalzlüftern) zur Sicherstellung der notwendigen Grundbelüftung nachgedacht werden. Gegebenenfalls ist auch eine Laibungsdämmung vorzusehen. Eine Unternehmererklärung für fachgerechten Einbau und Einhalten der geforderten U-Werte ist notwendig.

4.1.4 Außentüren und Tore

Die vorhandene Haupteingangstür der Prischosshalle sowie einige Nebeneingangstüren zu den Außenanalgen stammen noch aus dem Baujahr. Die übliche Lebensdauer beträgt ca. 40 Jahre. Ein zeitnaher Austausch ist daher anzuraten.

Abb. 28: Haupteingangstür

Abb. 29: Nebeneingangstür zu Außenanlagen

Der einzuhaltende U-Wert der Außentür laut GEG beträgt 1,8 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert der Außentür laut BEG beträgt 1,3 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Im Bereich der Gerätelager sind Tore vorhanden, die noch aus dem Entstehungsjahr des Gebäudes stammen. Diese sollten durch energieeffiziente Tore ersetzt werden.

Abb. 30: Tore Gerätelager

Die Tore müssen einen maximalen U-Wert laut BEG von 1,0 W/(m²K) einhalten.

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Zu beachten:

Durch die Maßnahme wird das Gebäude luftdichter und der U-Wert der Türen und Tore liegt zum Teil unter dem U-Wert der Wände, sofern diese bis dahin nicht energetisch saniert wurden. Es besteht die Gefahr, dass sich ohne ausreichende Lüftung Feuchtigkeit an Wärmebrücken der Außenwände niederschlägt und sich Schimmel bildet. Es ist deshalb wichtig, ausreichend zu lüften. Eine Unternehmererklärung für fachgerechten Einbau und Einhalten der geforderten U-Werte ist notwendig.

4.1.5 Unterster Gebäudeabschluss

Den unteren Gebäudeabschluss bildet die Bodenplatte mit einem entsprechende Bodenaufbau.

Abb. 31: Boden

Folgende Annahmen wurden getroffen:

Tab. 7: Bodenaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Zement-Estrich	6	1,4
Polyethylenfolie	0,02	0,33
Trittschalldämmung	2	0,045

Beton	25	2
Bitumen	0,05	0,17

Der U-Wert der Bodenplatte in unsaniertem Zustand beträgt 1,27 W/(m²K).

Für die energetische Optimierung der Bodenplatte sollte diese oberseitig gedämmt werden. Um die Deckenhöhe nur auf das nötigste zu verringern, ist es sinnvoll auf einen Dämmstoff mit einer sehr guten Wärmeleitgruppe zurückzugreifen. Es ist anzuraten, diese Maßnahme durchzuführen, wenn Sanierungsarbeiten im Bereich der Böden der Kellerräume anstehen, da die Dämmung auf der Bodenplatte aufgebracht werden muss.

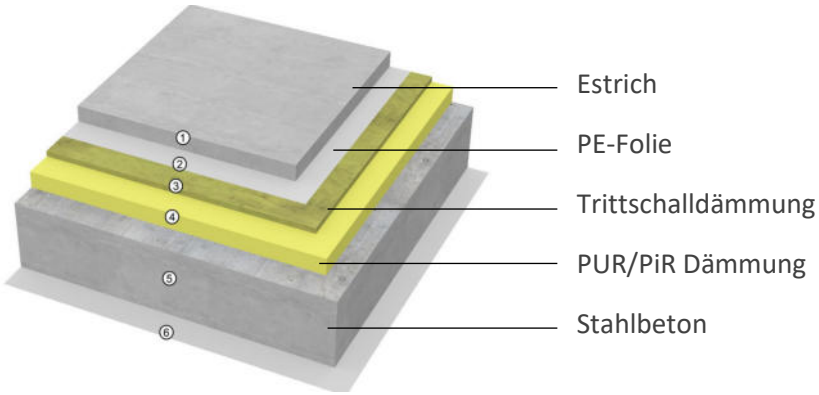

Abb. 32: Bodenplatte gedämmt

Der Bodenaufbau setzt sich in saniertem Zustand wie folgt zusammen:

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Zement-Estich	6	1,4
Polyethylenfolie	0,02	0,33
Trittsachalldämmung	2	0,045
PUR/ PIR	6	0,024
Beton	25	2

Der U-Wert der Bodenplatte in saniertem Zustand beträgt 0,30 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert des Bodens laut GEG beträgt 0,50 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert des Bodens laut BEG beträgt 0,35 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

4.2 Heizungsanlage

Ersatz der Gasheizung durch eine Hackschnitzelheizung

Kurzbeschreibung:

Bei der vorhandenen Gasheizung von 1977 handelt es sich um zwei Niedertemperaturheizkessel. Diese haben ihre technische Lebensdauer mittlerweile deutlich überschritten und sollten zeitnah im Rahmen der üblichen Instandhaltungsmaßnahmen erneuert werden. Dies bietet Anlass für einen Wechsel zu einer modernen effizienten Lösung mit einer Hackschnitzelheizung. Die bestehenden Heizkessel werden demontiert und entsorgt. Die Hackschnitzelheizung mit Speicher kann als Containerlösung umgesetzt werde. Im Rahmen des Heizungstauschs ist die Optimierung des Verteilsystems (hydraulischer Abgleich, Pumpentausch, Leitungsdämmung) durchzuführen.

Die Wärmeübergabe in den Gebäuden erfolgt über Wandheizkörper, die manuell über Thermostatventile reguliert werden. Diese sollten durch optimierte Proportional-Integral-Regler getauscht werden.

Aktuell wird die Turnhalle über die Lüftungsanlage beheizt. Hier sollte über eine effiziente Fußbodenheizung nachgedacht werden.

Durch die neue Heizungsanlage können die Verluste um 26% reduziert werden.

Aktuell wird die Maßnahme durch das BEG mit 20% gefördert

Abb. 33: Gaskessel

Abb. 34: Heizungsverteilung

Zu beachten:

Die Maßnahme ist vorher mit dem zuständigen Schornsteinfeger abzustimmen. Die beauftragte Fach- bzw. Heizungsbaufirma muss darauf achten, dass die Hackschnitzelheizung auf der Liste der förderfähigen Anlagen des BAFA steht. Die sichtbaren Verteilleitungen sind gemäß Stand der Technik und mindestens gemäß den gesetzlichen Bestimmungen, in Abhängigkeit der Rohrstärke und Lage der Rohre, zu dämmen.

Bei den Heizkörpern sind optimierte PI-Regler vorzusehen.

4.3 Lüftung

Bei der Gebäudesanierung ist die Erstellung eines sogenannten Lüftungskonzepts erforderlich. Dieses soll gewährleisten, dass ein ausreichender Luftaustausch im Gebäude sattfindet, sodass Tauwasserausfall und Schimmelbildung vermieden werden können und ein angenehmes Raumklima herrscht.

Im Gebäude ist bereits eine Lüftungsanlage vorhanden, die altersbedingt in einem schlechten Zustand ist und saniert werden sollte. Hier sollte eine effiziente Anlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut werden.

Durch die Sanierung der Lüftungsanlage können die Verluste um 56% reduziert werden.

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

4.4 Beleuchtung

Die Umrüstung des vorhandenen Beleuchtungssystems auf LED-Beleuchtung mit intelligenter Steuerung ist anzustreben. Hierdurch lassen sich je nach Leuchtentyp bei gleichbleibender oder sogar besserer Beleuchtung zwischen 40 % bis 80 % des Stromverbrauchs einsparen.

Die Maßnahme wird grundsätzlich durch das BEG mit 15% gefördert. Ggf. sind sogar höhere Fördersätze in Höhe von 25% bis 40% im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (Kommunalrichtlinie) möglich, wenn mindestens 50 % THG-Emissionen eingespart werden. In diesem Falle erfolgt die Förderung auch für zusätzliche intelligente Steuerungs- und Regeltechnik. Die hierdurch potenziell steigenden Sanierungskosten werden dann jedoch durch potenziell niedrigere Verbrauchskosten i.d.R. kompensiert.

4.5 Sommerlicher Wärmeschutz

Auch der sommerliche Wärmeschutz sollte bei der Sanierung mit beachtet werden. Es ist sinnvoll außenliegende Verschattungssysteme mit einem guten Abschattungsfaktor einzubauen, die einer Überhitzung im Sommer entgegenwirken. Bei Räumen mit sehr großen Fensterflächen und einer verhältnismäßig geringen Grundfläche kann es sinnvoll sein, eine Berechnung bzgl. des sommerlichen Wärmeschutzes zu machen, um der Überhitzung im Sommer vorzubeugen. Falls eine Sonnenschutzvorrichtung eingebaut wird, ist es sinnvoll, diese über Sensoren und eine sinnvolle Programmierung zu steuern um den Sonnenschutz optimal nutzen zu können.

Auch Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz sind über das BEG mit 15% förderfähig.

5 Energieeinsparung

5.1 Energieeinsparung nach Einzelmaßnahmen

Nach Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen reduzieren sich die Wärme- und Anlagenverluste. Zugrunde gelegt sind die Anforderungen des Förderprogramms BEG wie vorhergehend beschrieben.

Nutzenergieverbrauch

Tab. 8: Nutzenergieverbrauch

Nutzenergieverbrauch	Ist	Saniert	Einsparung
Dach	160.696 kWh/a	30.728 kWh/a	81%
Außenwand	140.357 kWh/a	36.977 kWh/a	74%
Fenster/ Türen/ Tore	107.443 kWh/a	35.001 kWh/a	67%
Keller	115.835 kWh/a	50.872 kWh/a	56%
Lüftung	263.757 kWh/a	116.551 kWh/a	56%
Heizung	403.097 kWh/a	299.021 kWh/a	26%

Bei vollständiger Sanierung aller Bauteile ergibt sich somit eine Reduzierung der Nutzenergie von aktuell 1.191.185 kWh/a auf 569.150 kWh/a. Das entspricht einer Minderung der erforderlichen Nutzenergie von 52 %.

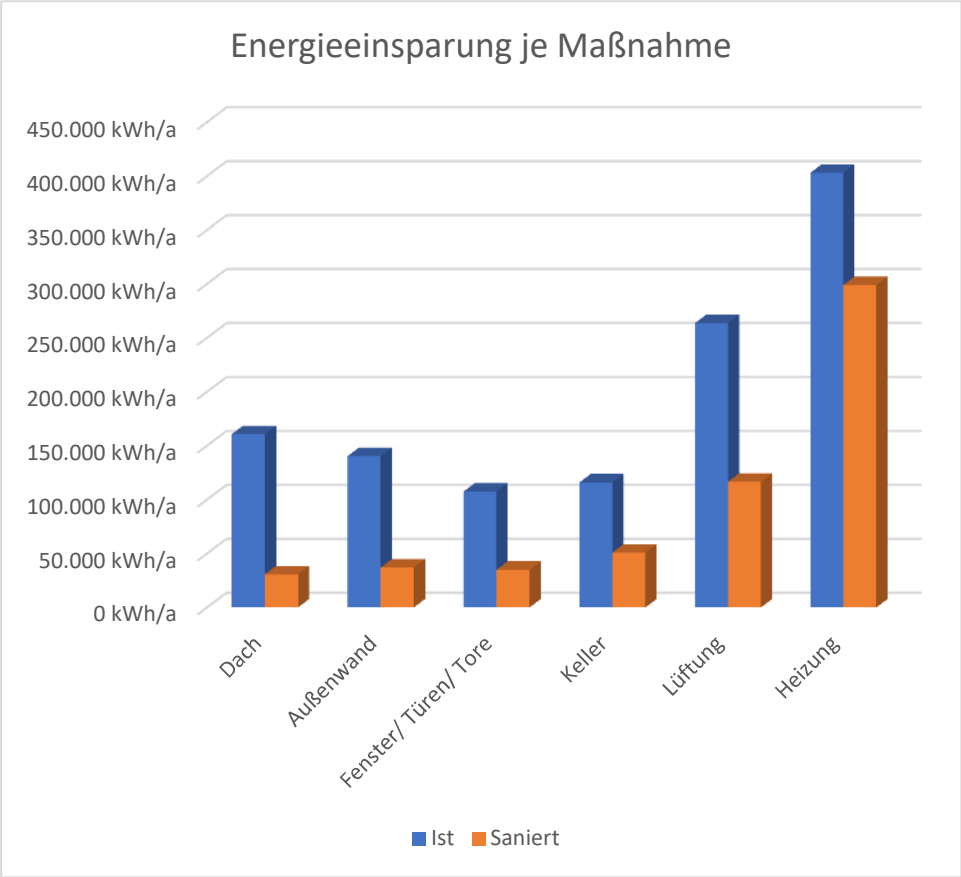

Abb. 35: Energieverbrauch je Sanierungsmaßnahme

5.2 Einsparung von Primär -, End- und Nutzenergie

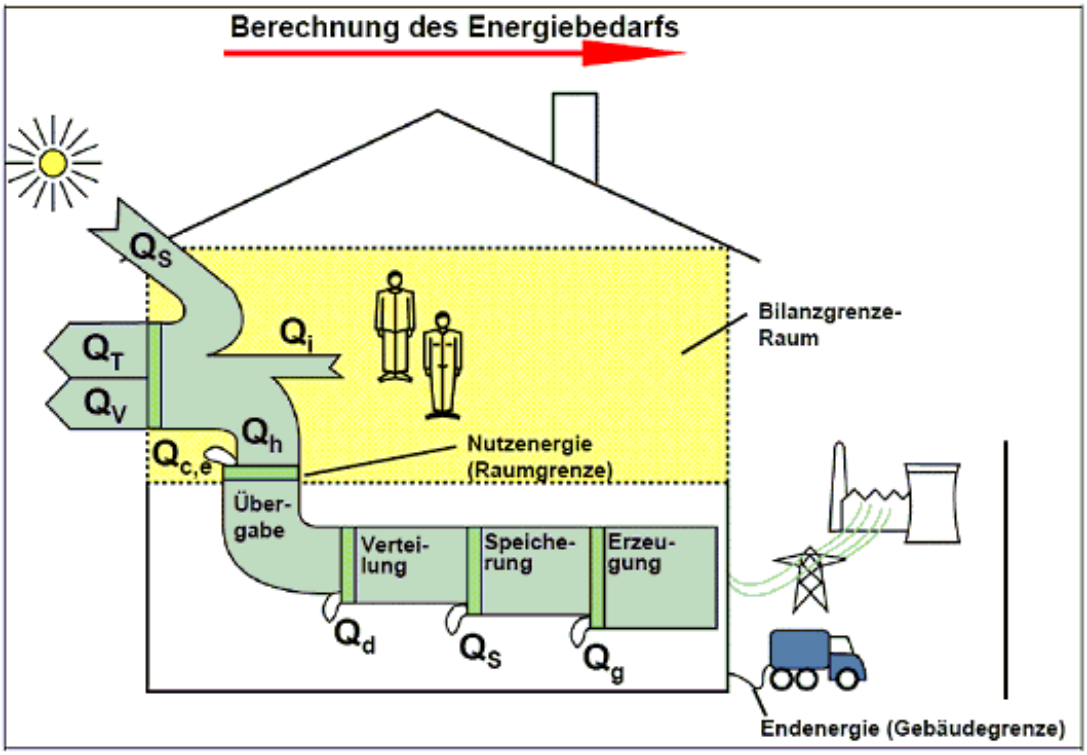

Abb. 36: Berechnung des Energiebedarfs
(QUELLE: ENERGIEBERATUNGSSOFTWARE HOTTGENROTH)

Exkurs: Definition von Primär-, End-, und Nutzenergie:

In der folgenden Auswertung wird nach Primär-, End- und Nutzenergie unterschieden. Die Definition sowie die jeweiligen Anwendungs-, bzw. Bilanzierungsgrenzen werden folgend kurz erläutert:

- Der Begriff „Primärenergie“ stellt den im wissenschaftlichen Sinn „nicht-regenerativen“ bzw. „fossilen“ Anteil der Primärenergie dar.
- „Endenergie“ stellt den Energiebedarf ab Gebäudegrenze dar, das heißt im Gegensatz zur Nutzenergie werden die hausseitig und anlagentechnisch bedingten Energieverluste mit enthalten.
- Die reine „Nutzenergie“ bezeichnet den Wärmebedarf für die beheizten Räume der jeweiligen Gebäude.

Den Unterschied der Energieformen soll der beispielhafte Vergleich von Heizöl (fossiler Energieträger) und Holzpellets (regenerativer Energieträger) zeigen. Ähnlich verhält es sich auch mit anderen regenerativen und fossilen Energieträgern.

Bei der **Endenergie** handelt es sich um die Menge Energie, die im Energieträger unmittelbar gespeichert ist. So enthalten beispielsweise 1.000 Liter Heizöl oder ca. 2 Tonnen Holzpellets mit jeweils ca. 10.000 kWh_{Hu} dieselbe Menge Endenergie. Unter der vergleichenden Annahme, dass beide Heizsysteme denselben gegebenen Wirkungsgrad und dieselben gegebenen Leitungsverluste haben, können in der beispielhaften Betrachtung jeweils ca. 8.000 kWh_{th} als Nutzenergie (Nutzenergie = Endenergie -

Systemverluste) in Form von warmem Wasser im Heizungskreislauf über einen Heizkörper zum Heizen genutzt werden.

Sowohl beim Heizöl als auch bei den Holzpellets wird in dieser Betrachtung also dieselbe Menge End- und Nutzenergie verbraucht. Sie unterscheiden sich jedoch maßgeblich im **Primärenergieverbrauch.** Dieser gibt an, wie viel Energie welcher Art insgesamt – inklusive aller Vorketten – in dem jeweiligen Energieträger beinhaltet ist und zur Herstellung und Verteilung benötigt wurde. Sie setzt sich aus „fossiler“ Primärenergie und „regenerativer“ Primärenergie zusammen. Während es sich bei der fossilen Primärenergie um den Anteil Primärenergie handelt, der über viele Millionen Jahre Erdgeschichte in Gesteinsschichten gebildet wurde (Erdöl, Erdgas, Kohle), handelt es sich beim regenerativen Anteil Primärenergie um denjenigen Anteil, der durch Sonne, Wind und andere Formen erneuerbarer Energien bereitgestellt wurde. Bei dem Energieträger Holz handelt es sich in diesem Zusammenhang zum Beispiel um Sonnenenergie, die durch Photosynthese den Baum hat wachsen lassen. Jedoch wird auch bei dem Energieträger Holz häufig noch ein kleiner Anteil fossiler Primärenergie benötigt, um den Energieträger in der Vorkette z.B. mit benzinbetriebenen Erntemaschinen (Verbrauch fossiler Kraftstoffe) aus dem Wald zu holen oder diesen bis zum Endverbraucher zu liefern (z.B. Benzin oder Diesel für den Transport im LKW).

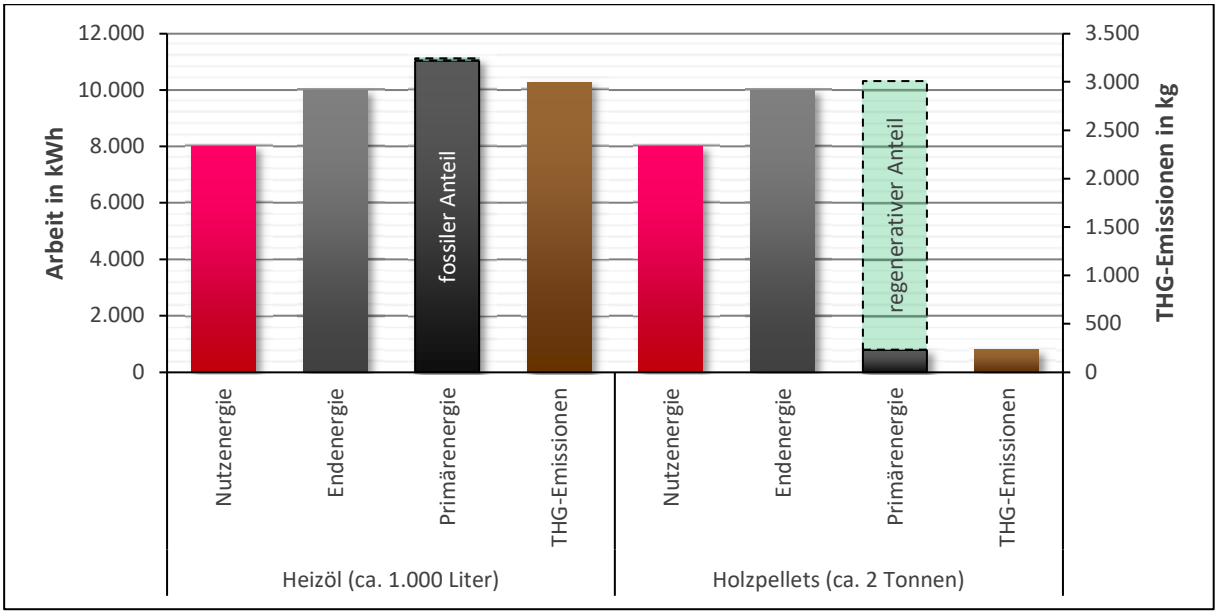

Abb. 37: Vergleich der Energieformen Nutz-, End- und Primärenergie
(Quelle: IINAS 2022, eigene Berechnungen und Darstellung EVF 2022)

5.2.1 Primärenergiebedarf

Der aktuell ermittelte Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt 1.208.556 kWh/a und kann durch die vorhergehend beschriebenen Sanierungsmaßnahmen auf 240.495 kWh/a reduziert werden. Bezogen auf die Fläche entspricht das im Ist-Zustand einem Primärenergiebedarf von 279 kWh/m²a und lediglich 56 kWh/m²a im sanierten Zustand.

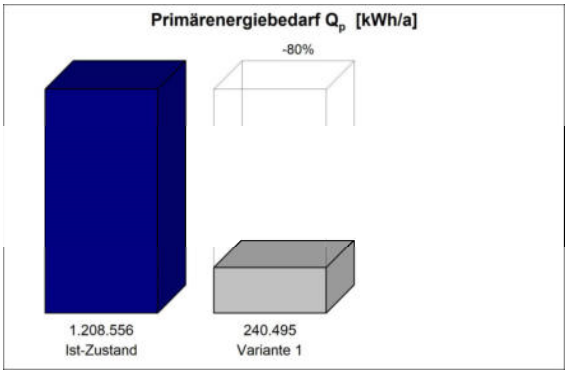

Abb. 38: Primärenergiebedarf absolut pro Jahr

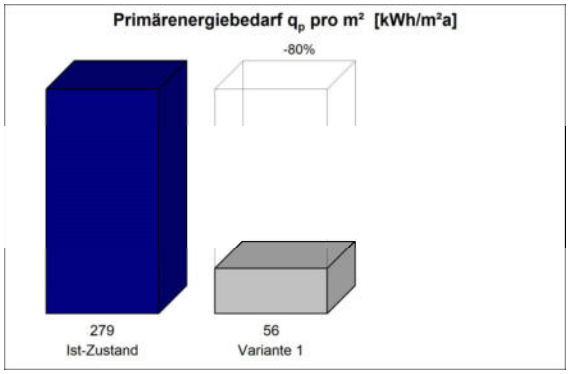

Abb. 39: Flächenbezogener Primärenergiebedarf/a

5.2.2 Endenergiebedarf

Der aktuell ermittelte Endenergiebedarf des Gebäudes beträgt 1.103.819 kWh/a und kann durch die vorhergehenden beschriebenen Sanierungsmaßnahmen auf 392.056 kWh/a reduziert werden. Bezogen auf die Fläche entspricht dies im Ist-Zustand einem Endenergiebedarf von 255 kWh/m²a und lediglich 91 kWh/m²a im sanierten Zustand.

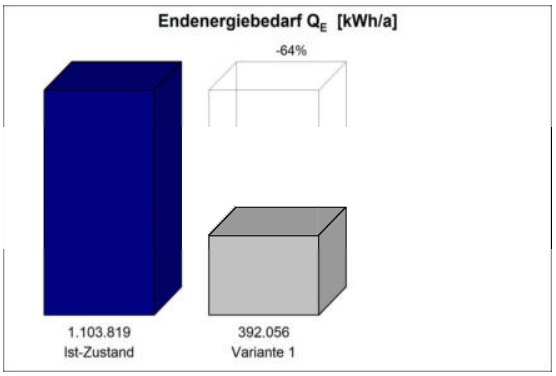

Abb. 40: Endenergiebedarf pro Jahr

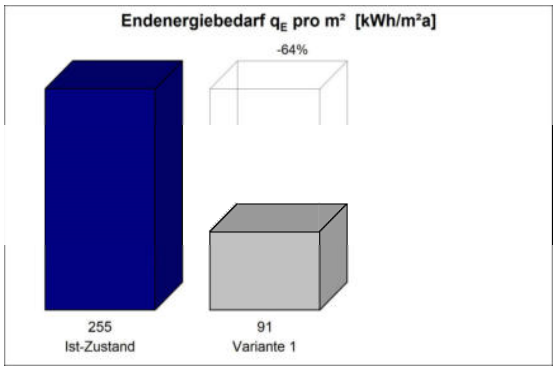

Abb. 41: Flächenbezogener Endenergiebedarf /a

5.2.3 Nutzenergiebedarf

Der aktuelle ermittelte Nutzenergiebedarf des Gebäudes beträgt 839.136 kWh/a und kann durch die Sanierungsmaßnahmen auf 197.005 kWh/a reduziert werden. Bezogen auf die Fläche entspricht dies im Ist-Zustand einem Nutzenergiebedarf von 194 kWh/m²a und lediglich 45 kWh/m²a im sanierten Zustand.

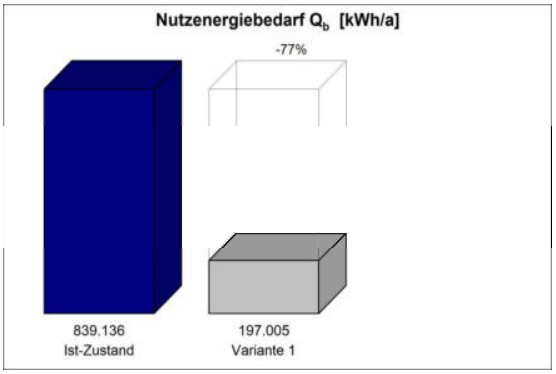

Abb. 42: Nutzenergiebedarf pro Jahr

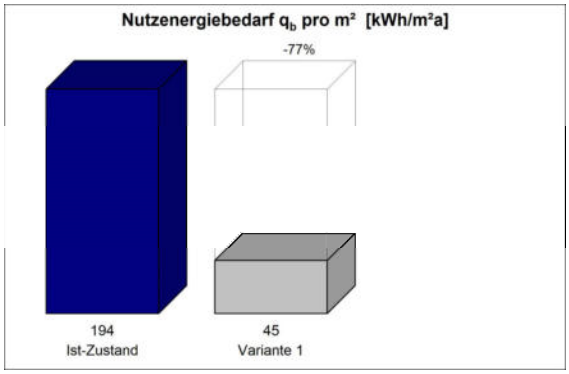

Abb. 43: Flächenbezogener Nutzenergiebedarf /a

Durch die Sanierungsmaßnahmen kann ein Effizienzgebäude 70 erreicht werden.

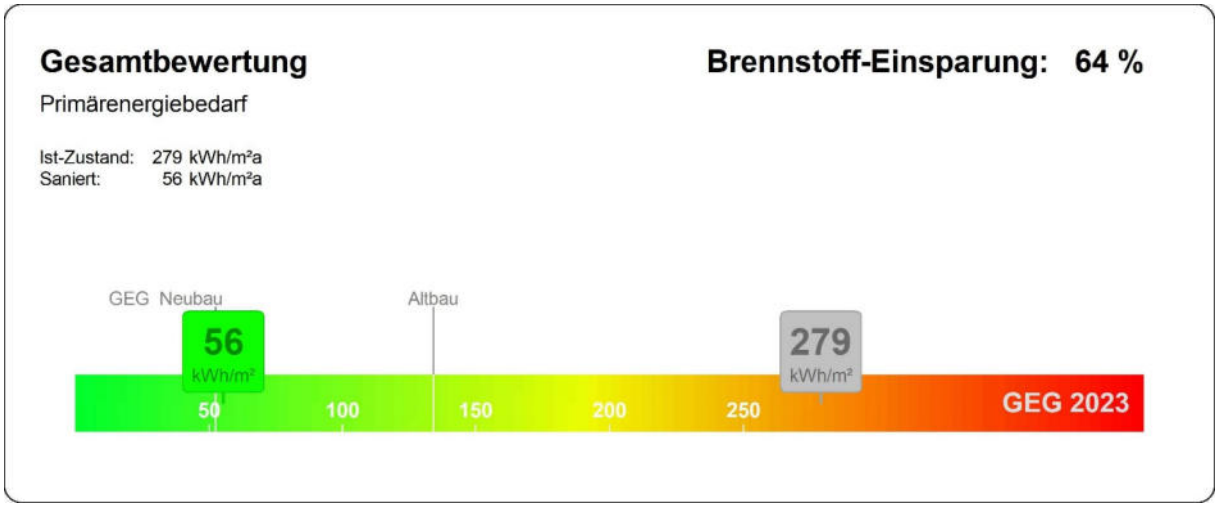

Abb. 44: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

6 Sanierungskosten

Die gesamten Sanierungskosten setzen sich aus der Optimierung der Gebäudehülle sowie der Anlagentechnik (Heizung/ Lüftung) zusammen.

Tab. 9: Grobkostenschätzung für einzelne Sanierungsmaßnahmen - Nettokosten

Maßnahme	Grobkostenschätzung
Boden	215.353 €
Kellerdecke	1.704 €
Außenwand	223.321 €
Außenwand Erdreich	63.259 €
Fenster	145.903 €
Lichtkuppeln	51.277 €
Türen	59.389 €
Dach	230.015 €
Heizung	201.680 €
Lüftung	206.218 €
Gesamtkosten	**1.398.122 €**

Hinweis: Für die Kostenermittlung wurden pauschalisierte Preise zu Grunde gelegt, diese können sich durch die Wahl von anderen Baustoffen von den tatsächlichen Kosten unterscheiden. Es ist daher sinnvoll sich verschiedene Angebote einzuholen und sich verschiedene Konstruktionen anbieten zu lassen. Auch die aktuell in Verbindung mit Lieferengpässen stehenden und im Rahmen der durch den Ukraine-Krieg ausgelösten Energiekrise ständig steigenden Baukosten sind schwer abzubilden, sodass mit größeren Abweichungen zu rechnen ist.

Förderung:

Für die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen sind zwei unterschiedlichen Förderkulissen vorhanden, die in den folgenden Abschnitten dargestellt werden:

- BEG-EM: Sanierung Schritt für Schritt mit Einzelmaßnahmen
- KfW 464: Komplettsanierung in einem Zug

6.1 Sanierung Schritt für Schritt mit Einzelmaßnahmen

Bei einer Schritt-für-Schritt- Sanierung mit Einzelmaßnahmen können über das BEG-EM folgende Förderungen bezogen werden (Stand: 05.2023):

Tab. 10: Förderungen für Einzelmaßnahmen:

	Kosten	Förder-quote	Förderung	übrige Kosten
Boden	215.353 €	15%	32.303 €	183.050 €
Kellerdecke	1.704 €	15%	2561€	1.448 €
Außenwand	223.321 €	15%	33.498 €	189.823 €
Außenwand Erdreich	63.259 €	15%	9.489	53.771 €
Fenster	145.903 €	15%	21.885 €	124.018 €
Lichtkuppeln	51.277 €	15%	7.692 €	43.586 €
Türen	59.389 €	15%	8.908 €	50.481 €
Dach	230.016 €	15%	34.502 €	195.514 €
Heizung	201.681 €	20%	40.336 €	161.345 €
Lüftungsanlage	206.218 €	15%	30.933 €	175.286 €
Gesamtkosten	**1.398.123 €**		**219.802 €**	**1.178.320 €**

6.2 Komplettsanierung in einem Zug

Wenn das Gebäude in einem Zug zu einem Effizienzgebäude 70 saniert wird, kann eine Förderung in Form eines Zuschusses von 25% über das Programm KfW 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“ bezogen werden. Dies entspricht einer Fördersumme von 349.531 €. Der restliche Betrag der Sanierungskosten beträgt 1.048.592 €.

Alternativ kann auch ein Tilgungszuschuss von 10% über das Programm KfW 264 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit“ beantragt werden. Die Förderhöhe beträgt dann 139.812 € bei einem Restbetrag von 1.258.310 €.

7 Förderung

7.1 Förderhinweise (April 2023)

KfW 264 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit“
Die energetische Sanierung öffentlicher Gebäude, die kommunalen und sozialen Zwecken dienen, wird über das KfW-Programm 264 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit“ gefördert. Die Förderung geschieht in der Gewährung eines zinsgünstigen Finanzierungskredits und Tilgungszuschüssen, deren Höhe sich nach dem nach der Sanierung erreichten Effizienzgebäude-Standard richtet. Für die Durchführung von Einzelmaßnahmen wird ein pauschaler Tilgungszuschuss von 20 % der förderfähigen Kosten gewährt. Die Höhe der Tilgungszuschüsse wird zudem durch einen maximalen Zuschussbetrag von 2.000 € pro m² Nettogrundfläche begrenzt. Für die Sanierung eines „Worst Performing Buildings“ (WPB) können 10 % Extra-Tilgungszuschuss bezogen werden.

Tab. 11: KfW 264 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit (Konditionen Stand 04/2023)

Sanierung	Tilgungszuschuss	Höchstbetrag pro m²
Effizienzgebäude 40	20 %	400 €
Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	25 %	500 €
Effizienzgebäude 55	15 %	300 €
Effizienzgebäude 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	20 %	400 €
Effizienzgebäude 70	10 %	200 €
Effizienzgebäude 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	15 %	300 €
Effizienzgebäude Denkmal	5 %	100 €
Effizienzgebäude Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	10 %	200 €

Die Zinskonditionen für das Finanzierungsdarlehen liegen je nach Laufzeit zwischen 0,0 und 0,33 % (Stand 04/2023). Es steht ein maximales Kreditvolumen von 10 Mio. € mit drei Finanzierungsvarianten zur Verfügung:

Tab. 12: Finanzierungsvarianten für KfW 264

Laufzeit (a)	tilgungsfreie Anlaufjahre	Zinsbindung (a)
10	2	10
20	3	10
30	5	10

Hinweis der KfW:

Um die zur Verfügung stehenden Mittel gleichmäßig verteilen zu können, wurden im Rahmen der Steuerung des kommunalen Direktkreditgeschäfts folgende Obligogrenzen pro Darlehensnehmer festgelegt:

- Bei Städten und Gemeinden bis zu 1.000 Euro pro Einwohner/in.
- Bei Gemeindeverbänden und Landkreisen bis zu 300 Euro pro Einwohner/in.

Bei beiden zuvor genannten Antragstellergruppen gilt unabhängig von den jeweiligen Pro-Kopf-Beträgen jedoch maximal 10 Mio. Euro.

7.1.1 KfW 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“

Eine weitere Fördermöglichkeit für die energetische Sanierung öffentlicher Gebäude, die kommunalen und sozialen Zwecken dienen, biete das KfW-Programm 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“. Die Förderung geschieht in der Gewährung eines Zuschusses, deren Höhe sich nach dem nach-Sanierung erreichten Effizienzgebäude-Standards richtet. Die Höhe der Tilgungszuschüsse wird zudem durch einen maximalen Zuschussbetrag von 2000 € pro m² Nettogrundfläche begrenzt.

Tab. 13: KfW 464 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss – Konditionen Stand 04/2023

Sanierung	Tilgungszuschuss	max. Zuschuss
Effizienzgebäude 40	35 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3,5 Mio. Euro
Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	40 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 4 Mio. Euro
Effizienzgebäude 55	30 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3 Mio. Euro
Effizienzgebäude 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	35 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3,5 Mio. Euro
Effizienzgebäude 70	25 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 2,5 Mio. Euro
Effizienzgebäude 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	30 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3 Mio. Euro
Effizienzgebäude Denkmal	20 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 2 Mio. Euro
Effizienzgebäude Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	25 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 2,5 Mio. Euro

Der max. Zuschussbetrag für ein Effizienzgebäude liegt bei 4 Mio. Euro pro Vorhaben, bei dem eine neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird.

7.1.2 BEG – Bundesförderung für effiziente Gebäude

Die energetische Sanierung von Gebäuden in Form von baulichen Einzelmaßnahmen wird seit Jahresbeginn 2021 im Rahmen der BEG (Bundesförderung für effiziente Gebäude) gefördert. Sofern die vom BEG geforderten Mindestanforderungen für die U-Werte der betreffenden Bauteile eingehalten werden, gilt ein Fördersatz von 15 %. Das Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 2.000 € (brutto) und ist gedeckelt auf 1.000 €/m² und maximal 5 Mio. €. Um die Förderung zu erhalten, ist grundsätzlich die Einbeziehung eines EnergieEffizienz-Experten im Rahmen der sogenannten Baubegleitung notwendig. Die Leistungen der EnergieEffizienz-Experten werden dabei zu 50 % gefördert.
Die Nutzung erneuerbarer Energien zu Heizzwecken wird ebenfalls durch das BEG gefördert. Dabei wird der Austausch einer bestehenden durch eine neue Anlage bestimmten Typs gefördert. Neben den Kosten für die Anlagentechnik und die Heizungsoptimierung werden sämtliche mit der Maßnahme in Verbindung stehende Kosten gefördert. Die Höhe der Förderungen für einen Heizungstausch sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tab. 14: BEG-Förderung: Heizungsanlagen (Stand 05/2023)

Neue Heizanlagen:	Förderung	Heizungs-Tausch-Bonus	Wärmepumpen-Bonus	max. Förderung
Wärmepumpe	25%	10%	5%	40%
Biomasseheizung	10%	10%		20%
Solarthermieanlage	25%	10%		35%
Brennstoffzellenheizung	25%	10%		35%
Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien	25%	10%		35%
Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (ohne Biomasse)	30%			30
Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 25% Biomasse für Spitzenlasten)	25%			25%
Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 75% Biomasse für Spitzenlasten)	20%			20%
Anschluss an ein Gebäudenetz	25%	10%		35%
Anschluss an ein Wärmenetz	30%	10%		40%

Für die Beantragung der Fördermittel bei Heizungstausch ist grundsätzlich kein EnergieEffizienz-Experte notwendig. Die Antragsstellung kann selber durch den Antragssteller online vorgenommen werden. Nach Abschluss der Maßnahme muss eine Fachunternehmererklärung der ausführenden Fachfirma beim Fördergeber eingereicht werden.
Weiterhin werden Sanierungsmaßnahmen für sonstige Anlagentechnik (außer Heizung) mit 15 % gefördert. Hierzu zählen Raumlufttechnische Anlagen, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Kältetechnik zur Raumkühlung und der Einbau von energieeffizienten Beleuchtungssystemen. Das Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 2.000 € (brutto) und ist gedeckelt auf 1.000 €/m² und maximal 5 Mio. €. Um die Förderung zu erhalten ist ebenfalls die Einbeziehung eines EnergieEffizienz-Experten im Rahmen der sogenannten Baubegleitung notwendig. Die Leistungen der EnergieEffizienz-Experten werden dabei mit 50 % gefördert.

7.1.3 Kommunalrichtlinie

Die Bundesrepublik Deutschland fördert die Umrüstung von kommunaler Innen- und Hallenbeleuchtung auf hocheffiziente LED-Technik im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (Kommunalrichtlinie – Investive Maßnahmen). Konkret handelt es sich dabei um das Förderprogramm für investive Klimaschutzmaßnahmen zur Sanierung der Innen- und Hallenbeleuchtung. Die Integration intelligenter Steuerungs- und Regeltechnik ist im Förderumfang enthalten.

Grundsätzlich wird eine Förderung im Sinne eines Investitionskostenzuschusses gewährt, wenn durch die Umrüstungsmaßnahmen eine CO_2-Emissionsminderung von mindestens 50% in allen von der Umrüstung betroffenen Leuchtensystemen erreicht wird, die Lichtplanung nach DIN EN 12464-1:2011-08 bzw. bei Sportstätten nach DIN EN 12193 durch qualifizierte Planer durchgeführt wird und weitere technische Mindestanforderungen bei den geplanten Leuchtensystemen eingehalten werden.

In diesem Falle gewährt der Fördergeber aktuell einen Zuschuss in Höhe von 25% der zuwendungsfähigen Kosten. Kommunen, die dem Fördergeber gegenüber ihre Finanzschwäche nachweisen können, sowie Antragstellende aus Braunkohlegebieten erhalten einen erhöhten Fördersatz von 40%.

Die Förderung wird durch Einreichung von Förderanträgen bei der zuständigen Zukunft – Umwelt – Gesellschaft (ZUG) GmbH beantragt. Weitere Informationen zur obigen Fördermaßnahme können der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld unter https://www.klimaschutz.de/kommunalrichtlinie entnommen werden.

8 Wirtschaftlichkeit

8.1 Wirtschaftlichkeitskalkulation ohne Förderung

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtkostenvolumen ohne Berücksichtigung der Förderungen von 1.398.123 €.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Tab. 15: Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Parameter	Umfang
Betrachtungszeitraum	30 Jahre
Aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	205.009 €/a
Aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	52.902 €/a
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Heizungsanlage	3,50 %
Teuerungsrate Wartungskosten	4,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %

Daraus ergeben sich über die Nutzungsdauer von 30 Jahren die folgenden gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tab. 16: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	96.198 €/a	2.885.940 €
Wartungskosten	25.511 €/a	765.330 €
Reduzierte Brennstoffkosten	88.135 €/a	2.644.050 €
Gesamtkosten Saniert	209.844 €/a	6.295.320 €
Brennstoffkosten ohne Sanierungsmaßnahmen	341.547 €/a	10.246.410 €
Mittlere Einsparung	131.703 €/a	3.951.090 €

Hieraus ergibt sich eine Amortisationsdauer ohne Berücksichtigung der Förderung von 12 Jahren. Innerhalb von 30 Jahren können durch die Sanierungsmaßnahmen knapp 4 Mio. € eingespart werden.

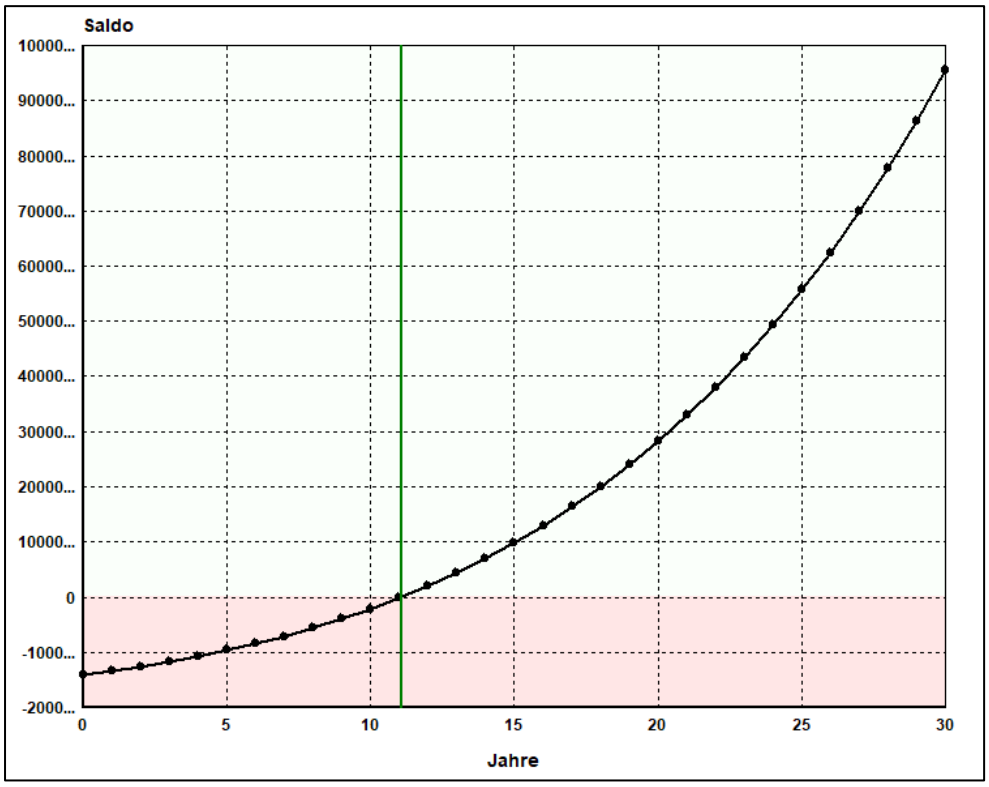

Abb. 45: Amortisation der Sanierungsmaßnahme ohne Förderung

Nachfolgend ist im Diagramm dargestellt, wie sich die Wirtschaftlichkeit bezogen auf die Änderung der Teuerungsraten anpasst. Je geringer die Teuerungsraten, desto schneller amortisieren sich die Maßnahmen.

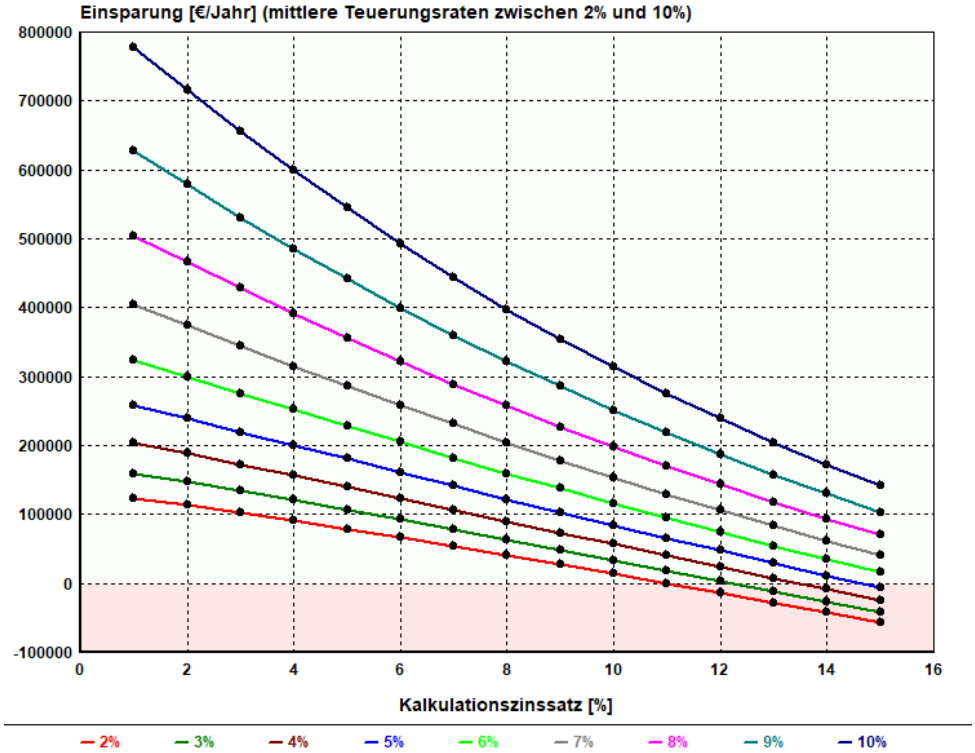

Abb. 46: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen

8.2 Wirtschaftlichkeitskalkulation mit Förderung

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtkostenvolumen mit Berücksichtigung der BEGFörderung für Einzelmaßnahmen von 1.198.488 €.

Es wurden dieselben Parameter zugrunde gelegt wie ohne Berücksichtigung der Förderung (siehe Tabelle Tab. 15: Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung).
Daraus ergeben sich über die Nutzungsdauer von 30 Jahren die folgenden gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tab. 17: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	81.075 €	2.432.250 €
Wartungskosten	22.315 €	669.450 €
Reduzierte Brennstoffkosten	88.135 €	2.644.050 €
Gesamtkosten Saniert	191.525 €	5.745.750 €
Brennstoffkosten ohne Sanierungsmaßnahmen	341.547 €	10.246.410 €
Mittlere Einsparung	150.022 €	4.500.660 €

Hieraus ergibt sich eine Amortisationsdauer mit Berücksichtigung der Förderung von knapp 10 Jahren. Innerhalb von 30 Jahren können durch die Sanierungsmaßnahmen ca. 4,5 Mio. € eingespart werden.

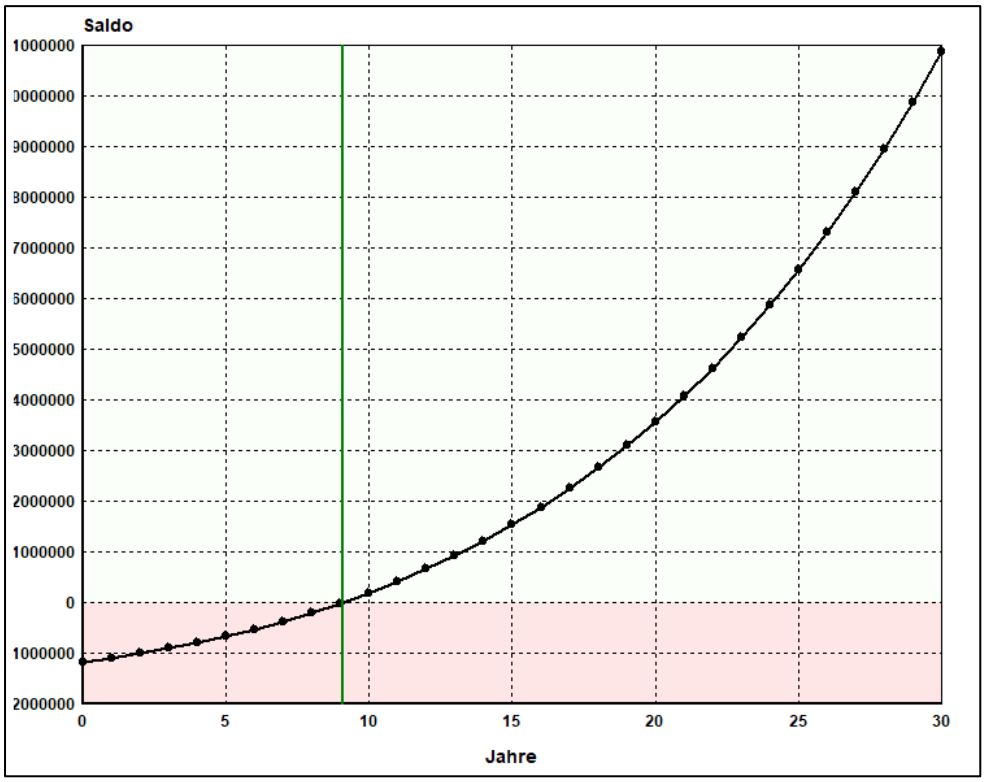

Abb. 47: Amortisation der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung

Nachfolgend ist im Diagramm dargestellt, wie sich die Wirtschaftlichkeit bezogen auf die Änderung der Teuerungsraten anpasst. Je geringer die Teuerungsraten, desto schneller amortisieren sich die Maßnahmen.

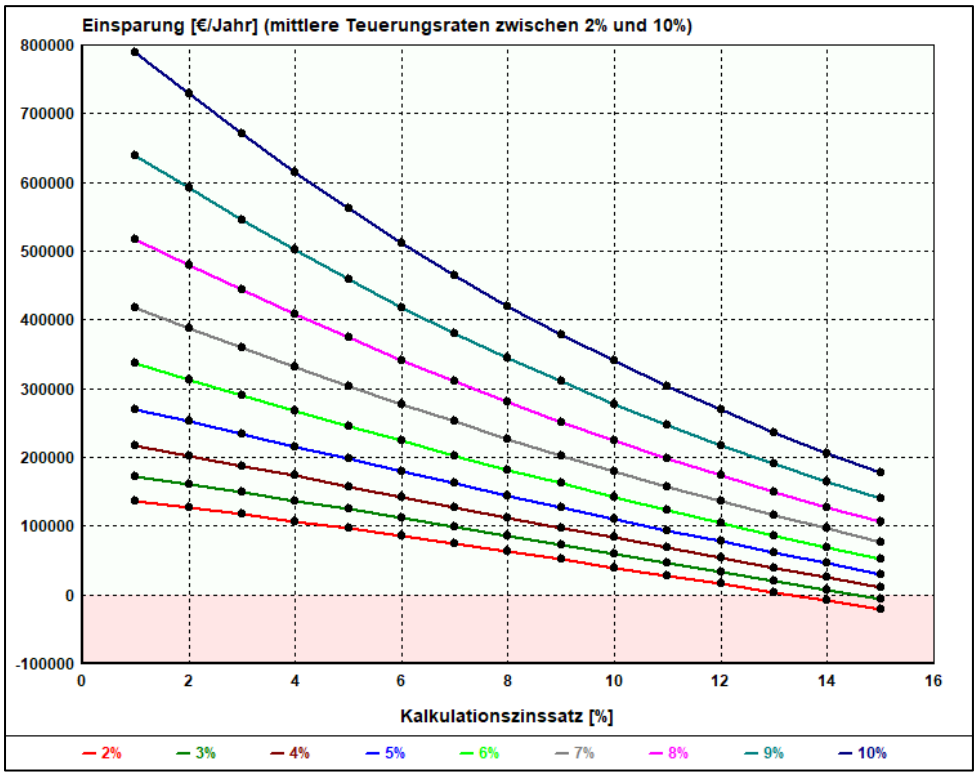

Abb. 48: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen

8.3 Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeit

Vorangehend wurden die verschiedenen Sanierungsmaßnahmen dargestellt und die Wirtschaftlichkeitskalkulationen der Maßnahmen mit und ohne Förderung dargelegt.

Zusammenfassend kann die Aussage getroffen werden, dass eine förderkonforme Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen einen Investitionsvorteil von ca. 200.000 € bietet.

Trotz der hohen Sanierungskosten können über den zukünftig reduzierten Energiebedarf insgesamt bis zu 4,5 Mio. € über eine Laufzeit von 30 Jahren eingespart werden.

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Luftbild der Prischosshalle 2
Abb. 2: Ansicht Süd 1
Abb. 3: Ansichten Süd 2 2
Abb. 4: Ansicht Ost 1
Abb. 5: Ansicht Ost 2 2
Abb. 6: Ansichten West 1
Abb. 7: Ansichten West 2 3
Abb. 8: Ansicht West 3 3
Abb. 9: Ansicht Nord 1
Abb. 10: Ansicht Nord 2 3
Abb. 11: Ansicht Nord 3
Abb. 12: Ansicht Nord 4 3
Abb. 13: Gebäudemodell Prischosshalle 4
Abb. 14: Zonierung UG 5
Abb. 15: Zonierung EG 6
Abb. 16: Zonierung OG 7
Abb. 17: Gesamtbewertung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes 8
Abb. 18: Flachdach 9
Abb. 19 Flachdach 9
Abb. 20: Dachaufbau gedämmt 10
Abb. 21: Außenwand Halle 11
Abb. 22: Außenwand EG 11
Abb. 23: Außenwandaufbau gedämmt 12
Abb. 24: Fensterband Turnhalle 13
Abb. 25: Fenster Lagerräume 13
Abb. 26: Pfosten Riegel Fassade 13
Abb. 27: Lichtkuppel 13
Abb. 28: Haupteingangstür
Abb. 29: Nebeneingangstür zu Außenanlagen 14
Abb. 30: Tore Gerätelager 15
Abb. 31: Boden 15
Abb. 32: Bodenplatte gedämmt 16
Abb. 33: Gaskessel 17
Abb. 34: Heizungsverteilung 17

Abb. 35: Energieverbrauch je Sanierungsmaßnahme 20

Abb. 36: Berechnung des Energiebedarfs 21

Abb. 37: Vergleich der Energieformen Nutz-, End- und Primärenergie 22

Abb. 38: Primärenergiebedarf absolut pro Jahr 23

Abb. 39: Flächenbezogener Primärenergiebedarf/a 23

Abb. 40: Endenergiebedarf pro Jahr 23

Abb. 41: Flächenbezogener Endenergiebedarf /a 23

Abb. 42: Nutzenergiebedarf pro Jahr 24

Abb. 43: Flächenbezogener Nutzenergiebedarf /a 24

Abb. 44: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf 24

Abb. 45: Amortisation der Sanierungsmaßnahme ohne Förderung 32

Abb. 46: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen 33

Abb. 47: Amortisation der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung 34

Abb. 48: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen 35

10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Legende der Zonierung nach DIN 18599 4

Tab. 2: Dachaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand 9

Tab. 3: Dachaufbau von innen nach außen – sanierter Zustand 10

Tab. 5: Erdgeschosswandaufbau Prischosshalle von innen nach außen – unsanierter Zustand 11

Tab. 7: Kellerwandaufbau Typ 1 von innen nach außen – unsanierter Zustand 11

Tab. 9: Außenwandaufbau Prischosshalle von innen nach außen – sanierter Zustand 12

Tab. 14: Bodenaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand 15

Tab. 15: Nutzenergieverbrauch 19

Tab. 16: Grobkostenschätzung für einzelne Sanierungsmaßnahmen - Nettokosten 25

Tab. 17: Förderungen für Einzelmaßnahmen: 26

Tab. 18: KfW 264 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit (Konditionen Stand 04/2023) 27

Tab. 19: Finanzierungsvarianten für KfW 264 27

Tab. 20: KfW 464 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss – Konditionen Stand 04/2023 28

Tab. 21: BEG-Förderung: Heizungsanlagen (Stand 05/2023) 29

Tab. 22: Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung 31

Tab. 23: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen 31

Tab. 24: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung 33

Klimaschutzkonzept der Stadt Alzenau 2023

Anlage 3c

Konzept für die energetische Sanierung

KINDERHORT

Impressum

Bearbeitungszeitraum: 01/2022 – 04/2023

Projekttitel: Klimaschutzkonzept Alzenau 2023 – Anlage 3

Auftraggeber: Stadt Alzenau
Hanauer Straße 1
63755 Alzenau

Ansprechpartner: Herr Roth
Sachgebietsleitung Umwelt
Brentanostraße 3
63755 Alzenau
Tel. 06023 / 502 920
roth.matthias@alzenau.de

Bearbeitung: EVF – Energievision Franken GmbH
Schwarzenbacher Str. 2
95237 Weißdorf

E-Mail: mail@energievision-franken.de
Web: www.energievision-franken.de

Autoren: M. Eng. Nadja Muche

Bildnachweis: Wenn nicht anders gekennzeichnet: EVF – Energievision Franken GmbH

Urheberrechtshinweis: Die vorliegende Studie unterliegt dem geltenden Urheberrecht. Ohne die ausdrückliche Zustimmung der Autoren und des Auftraggebers darf diese oder Auszüge daraus insbesondere nicht veröffentlicht, vervielfältigt und/oder anderweitig an Dritte weitergegeben werden. Sollte einer derartigen Nutzung zugestimmt und der Inhalt an anderer Stelle wiedergegeben werden, sind die Autoren gemäß den anerkannten wissenschaftlichen Arbeitsweisen zu nennen.

Darüber hinaus sind unbedingt die im Literatur- und Quellenverzeichnis genannten weiteren Urheberrechte und Lizenzen zu beachten!

Haftungsausschluss: Die vorliegende Studie wurde nach dem aktuellen Stand der Technik, nach den anerkannten Regeln der Wissenschaft sowie nach bestem Wissen und Gewissen der Autoren erstellt. Irrtümer vorbehalten.

Fremde Quellen wurden entsprechend gekennzeichnet. Die Ergebnisse basieren weiterhin im dargelegten Maß auf Aussagen und Daten von fachkundigen Dritten, die im Rahmen von Befragungen ermittelt wurden. Alle Angaben und Quellen wurden sorgfältig auf Plausibilität geprüft. Die Autoren können dahingehend jedoch keine Garantie für die Belastbarkeit der ausgewiesenen Ergebnisse geben.

Weiterhin basieren die Ergebnisse der Studie auf Rahmenbedingungen, die sich aus den dargelegten Gesetzen, Verordnungen und rechtlichen Normen ergeben. Diese, bzw. deren gerichtliche Auslegung, können sich ändern. Die Studie kann dahingehend nicht den Anspruch erheben, eine Rechtsberatung zu ersetzen und darf auch ausdrücklich nicht als solche verstanden werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum II
Inhaltsverzeichnis III
1 Zusammenfassung /Einleitung 1
2 Beschreibung des betrachteten Objektes 2
3 Darstellung des Ist-Zustandes des Gebäudes 4
4 Sanierung des Gebäudes 10
4.1 Gebäudehülle 10
4.1.1 Dach 10
4.1.2 Außenwände 12
4.1.3 Fenster 15
4.1.4 Außentüren und Tore 16
4.1.5 Unterster Gebäudeabschluss 17
4.2 Heizungsanlage 18
4.3 Lüftung 19
4.4 Beleuchtung 19
4.5 Sommerlicher Wärmeschutz 20
5 Energieeinsparung 21
5.1 Energieeinsparung nach Einzelmaßnahmen 21
5.2 Einsparung von Primär -, End- und Nutzenergie 23
Exkurs: Definition von Primär-, End-, und Nutzenergie: 23
5.2.1 Primärenergiebedarf 25
5.2.2 Endenergiebedarf 25
5.2.3 Nutzenergiebedarf 26
6 Sanierungskosten 27
6.1 Sanierung Schritt für Schritt mit Einzelmaßnahmen 28
6.2 Komplettsanierung in einem Zug 28
7 Förderung 29
7.1 Förderhinweise (April 2023) 29
7.1.1 KfW 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“ 30
7.1.2 BEG – Bundesförderung für effiziente Gebäude 31
7.1.3 Kommunalrichtlinie 32
8 Wirtschaftlichkeit 33
8.1 Wirtschaftlichkeitskalkulation ohne Förderung 33
8.2 Wirtschaftlichkeitskalkulation mit Förderung 35
8.3 Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeit 37
9 Abbildungsverzeichnis V
10 Tabellenverzeichnis VI

1 Zusammenfassung /Einleitung

Der Sanierungsfahrplan wird im Zuge einer Energieberatung erstellt. Er zeigt den aktuellen energetischen Stand des Gebäudes auf und gibt einen grundsätzlichen Überblick über mögliche, sinnvolle Sanierungsmaßnahmen am Gebäude. Im Vordergrund des Sanierungsfahrplans steht aufzuzeigen, welche Einsparpotenziale vorhanden sind und wie diese unter anderem durch eine Förderung effizient umgesetzt werden können. Hier wird sowohl die Sanierung in Einzelmaßnahmen als auch die Komplettsanierung in einem Zug betrachtet.

Am Anfang jeder Energieberatung steht ein Vorortttermin mit einem Beratungsgespräch. Anhand dessen wird im Nachgang mit einer Fachsoftware ein Gebäudemodell erstellt, welches alle Angaben hinsichtlich Materialität der Bauteile der Gebäudehülle und der Anlagentechnik beinhaltet. Auf Basis dessen werden dann die Sanierungsvarianten erstellt. Hier werden dann z.B. neue Bauteilaufbauten definiert und simuliert. Auch die Anlagentechnik wird entsprechend saniert. Bei allen Sanierungsvarianten wird sich an den aktuell geltenden technischen Anforderungen bzgl. der BEG-Förderung orientiert.

Die Sanierungsvarianten bilden die Grundlage für die anschließende Kostenschätzung und Energiebilanzberechnung inkl. CO_2-Bilanz.

Die Analyse des Gebäudes hat folgende Ergebnisse geliefert:

- Das Gebäude hat einen aktuellen Primärenergiebedarf von 375 kWh/(m²a) und ist dringend sanierungsbedürftig.
- Es ist sinnvoll zuerst die Gebäudehülle zu optimieren, sodass der Heizwärmebedarf und die Heizlast gesenkt werden und die neue Heizungsanlage auf den niedrigeren Bedarf ausgelegt werden kann.
- Durch eine förderkonforme Komplettsanierung kann ein Effizienzgebäude 55 mit einem Primärenergiebedarf von 62 kWh/(m²a) erreicht werden.

2 Beschreibung des betrachteten Objektes

Ursprünglich war das Gebäude eine Schule und wurde 2013 umgebaut und wird nun als Kinderhort genutzt.

Beim Hauptgebäude handelt es sich um ein zweigeschossiges Gebäude, das zum Teil unterkellert ist. Der Dachboden ist unbeheizt, sodass die oberste Geschossdecke die thermische Hülle bildet. An das Hauptgebäude schließt ein geschwungener Anbau mit Flachdach an, der die Verbindung zwischen Kinderhort und Turnhalle schafft. Es sind zum Teil sehr große verglaste Flächen vorhanden.

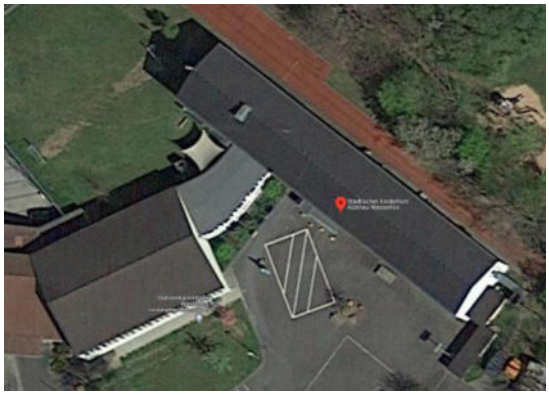

Abb. 1 Luftbild des Kinderhorts
(QUELLE: LUFTBILD GOOGLEMAPS, BEARBEITET DURCH EVF)

Abb. 2: Ansicht Süd-West

Abb. 3: Ansicht Süd-West Übergang

Abb. 4: Ansicht West 1

Abb. 5: Ansicht West 2

Abb. 6: Ansicht Nord-Ost 1

Abb. 7: Ansicht Nord-Ost 2

Abb. 8: Ansicht Nord-Ost 3

3 Darstellung des Ist-Zustandes des Gebäudes

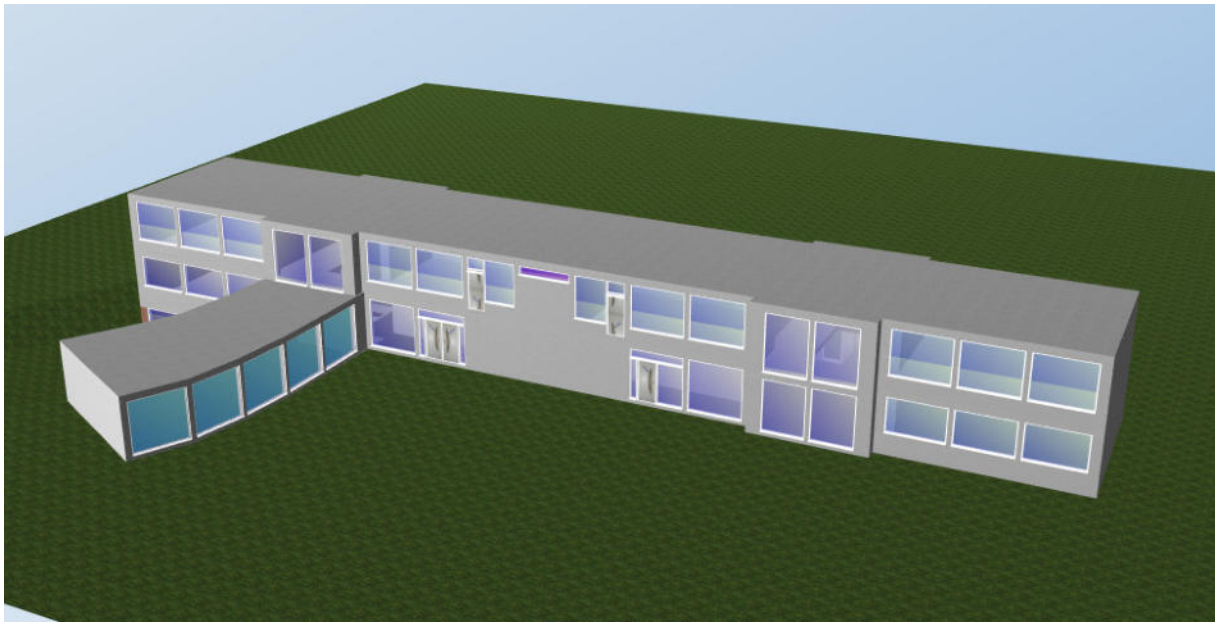

Abb. 9: Gebäudemodell Kinderhort

Im Untergeschoss des Kinderhorts befinden sich die Technikräume sowie Sanitärräume. Die Mensa inkl. Küche, Büroräume, Gruppenräume und Sanitärräume befinden sich im Erdgeschoss. Im Obergeschoss sind ausschließlich Gruppenräume untergebracht.

Um die energetischen Besonderheiten und Anforderungen der verschiedenen Räume abbilden zu können, ist es erforderlich diese in sogenannte Zonen einzuteilen. Hier werden entsprechende Zonenprofile nach DIN 18599-10 hinterlegt, die unter anderem Angaben zur Raumtemperatur, Betriebszeiten und inneren Lasten beinhalten. Das Gebäude kann in folgenden Zonen unterteilt werden:

Tab. 1 Legende der Zonierung nach DIN 18599

Zone	
Verkehrsflächen	
Lager	
Einzelbüro	
Sonstiger Aufenthaltsbereich (Umkleiden/ Foyer)	
Sanitäranlagen	
Kantine	
Gruppenraum	

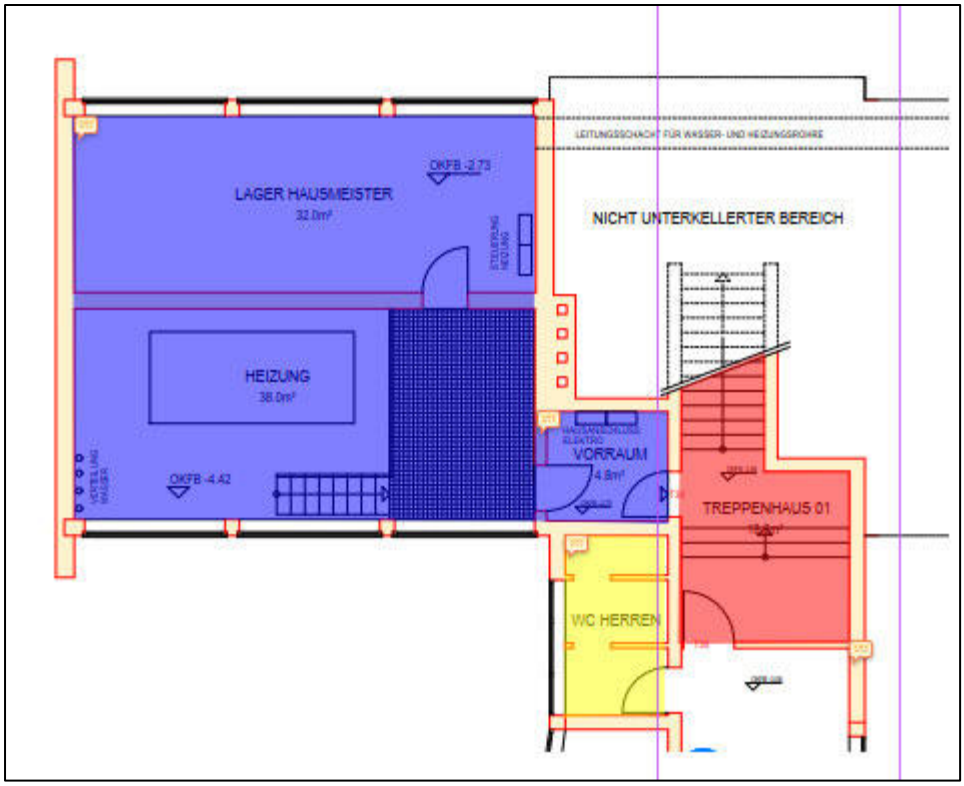

Abb. 10: Zonierung UG

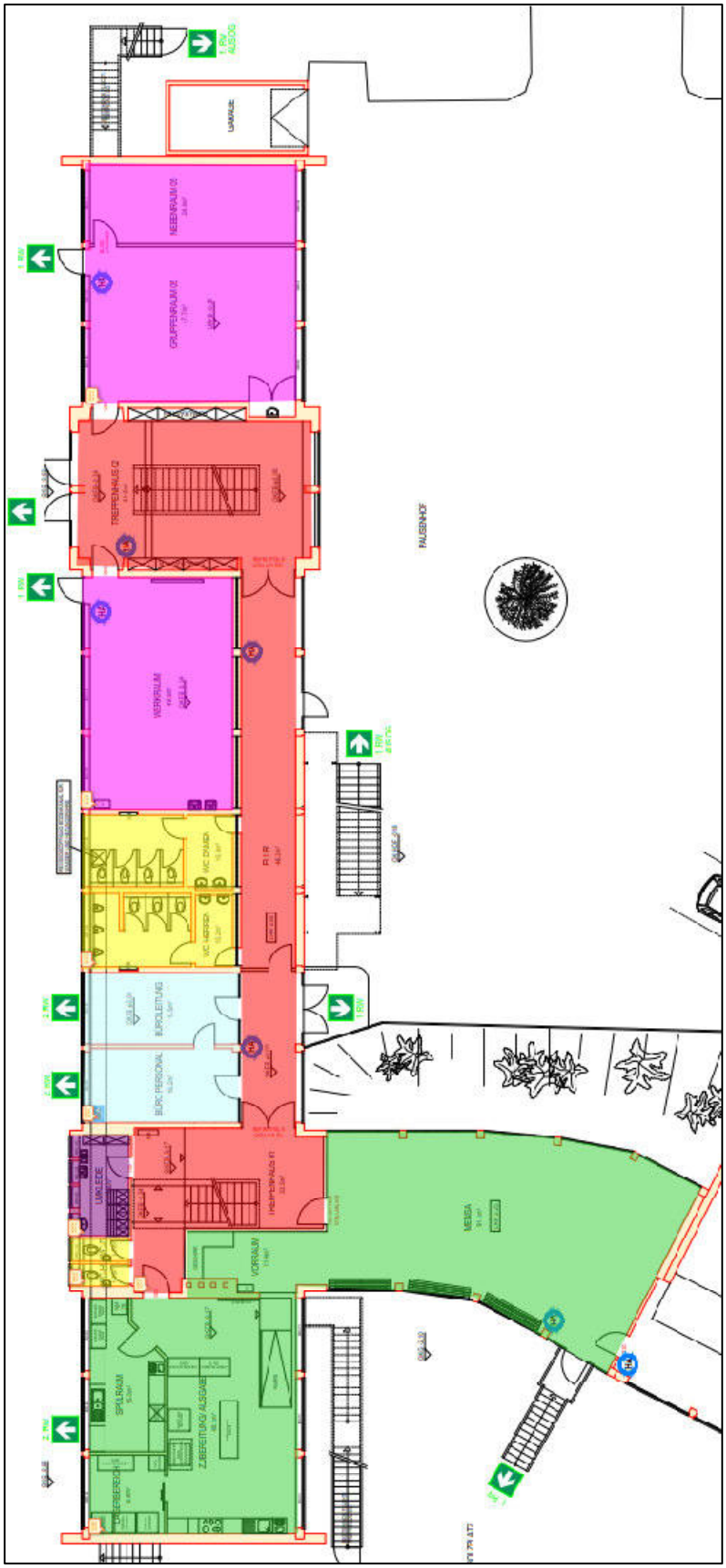

Abb. 11: Zonierung EG

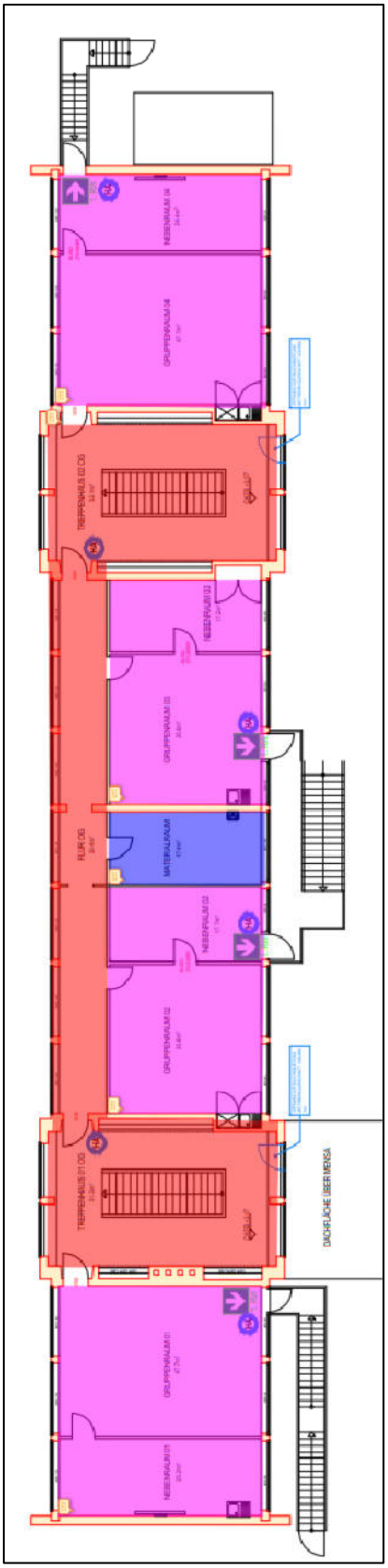

Abb. 12: Zonierung OG

Das Gebäude ist nur im nordwestlichen Bereich sowie im Bereich des Übergangs zur Sporthalle unterkellert. Im unterkellerten Bereich befinden sich die Technikräume mit dem Heizraum sowie Sanitärräume. Der Heizraum ist unbeheizt. Zur Beheizung des Gebäudes und der benachbarten Turnhalle werden zwei Gaskessel mit einer Leistung von 680 kW aus dem Baujahr 1984 und 130 kW aus dem Baujahr 1991 genutzt.

Insgesamt ist das Gebäude in einem energetisch schlechten Zustand.

Bei der obersten Geschossdecke handelt es sich um eine Holzbalkendecke. Diese wurde 2014 nachträglich zwischen den Sparren mit einer Dämmung der WLG 035 gedämmt. Im Bereich des Übergangs ist ein Flachdach vorhanden. Hier wurde davon ausgegangen, dass dieses gedämmt vorliegt. Fast die kompletten Fenster sowie die Türen des Gebäudes wurden bereits durch 3-fach verglaste Fenster und energieeffiziente Türen ersetzt. Lediglich einige wenige Fenster der Nord-Ost Seite wurden noch nicht ersetzt. Die Außenwände bestehen aus Ziegelmauerwerk. Beim Übergang zur Turnhalle handelt es sich um eine Stahlbetonkonstruktion aus Stützen und einer Glasfassade. Beim Hauptgebäude wurde davon ausgegangen, dass es sich um massive Decken handelt. Auch bei den Kellerwänden wurde davon ausgegangen, dass es sich um Ziegelmauerwerk handelt. Alle Wände liegen ungedämmt vor.

Berechneter Primärenergiebedarf:

Durch die vorhandenen Baumaterialien sowie die bestehende Heizungsanlage ergibt sich in Summe ein Primärenergiebedarf des Bestandsgebäudes von 375 kWh/(m²*a). Bei diesem Wert handelt es sich um den aus energetischer Gesamtsicht relevanten Wert für die Beurteilung des Energiebedarfs. Demnach ist das Gebäude nach GEG 2023 als dringend sanierungsbedürftig einzustufen.

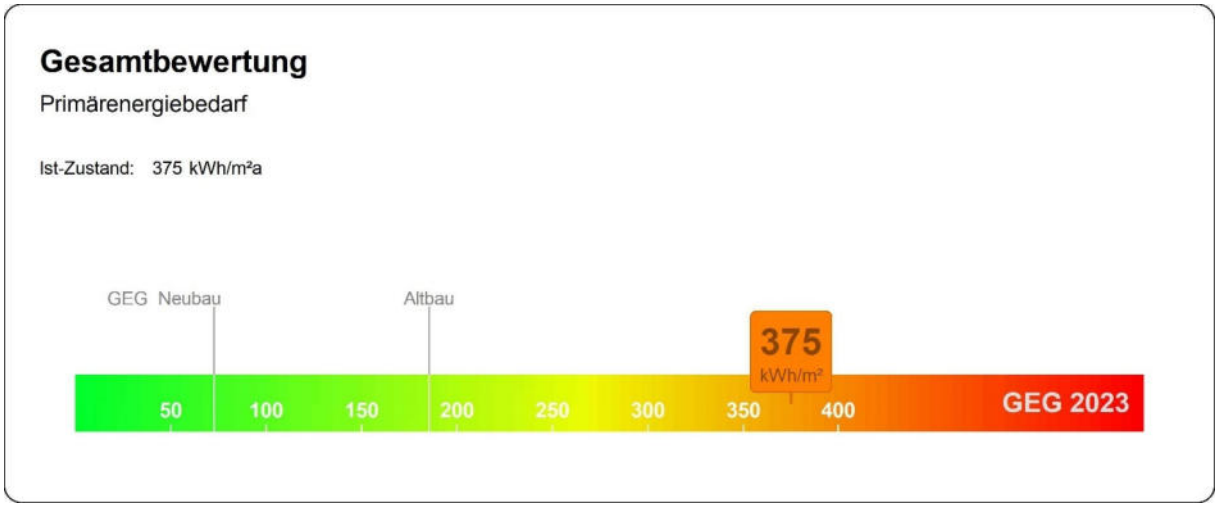

Abb. 13: Gesamtbewertung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes

Bewertung des realen Verbrauchs:

Rechnerisch ergibt sich zudem ein Endenergiebedarf in Höhe von ca. 357 kWh/(m²a). Dieser schlechte berechnete Bedarfswert zeigt sich auch in der Realität: Denn hier wurde auf insgesamt 2.012 m² allein ein durchschnittlicher Verbrauch für Wärme in Höhe von 536.196 kWh/a verzeichnet. Der tatsächliche Verbrauchswert für Wärme liegt demnach bei 266 kWh/(m²a). Laut Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 15. April 2021

(BAnz AT 03.05.2021 B1) liegt der anzusetzende Vergleichswert für den Endenergieverbrauch für Wärme bei 75,4 kWh/(m²a). Der tatsächliche Wärmeverbrauch ist also folglich ca. 3,5x so hoch wie er bei einem effizienten Gebäude dieser Gebäudekategorie mit der gegebenen technischen Ausstattung eigentlich sein sollte.

Sanierung:

Grundsätzlich sollte zuerst die Gebäudehülle optimiert werden, sodass der Heizwärmebedarf gesenkt werden kann und die neue Heizungsanlage auf den niedrigeren Bedarf ausgelegt werden kann.

4 Sanierung des Gebäudes

Nachfolgend werden die notwendigen Sanierungsschritte für den Kinderhort - aufgeteilt nach Gebäudehülle und Heizungsanlage – dargestellt. Bei der Sanierung wird darauf geachtet, dass alle Sanierungsmaßnahmen nach BEG förderfähig sind. Die gesetzlichen Anforderungen nach GEG liegen unter den Anforderungen des BEG (Förderprogramm). Dennoch ist es sinnvoll auf einen besseren Gebäudestandard zu sanieren, da so die energetischen Verluste weiter reduziert werden können, der Heizwärmebedarf sinkt und somit auch langfristig mit niedrigeren Betriebskosten gerechnet werden kann.

Durch eine förderkonforme Komplettsanierung kann ein Effizienzgebäude 55 erreicht werden.

4.1 Gebäudehülle

4.1.1 Dach

Die oberste Geschossdecke (Holzbalkendecke) bildet den oberen Abschluss des Gebäudes. Diese wurde bereits 2014 mit einer Knauf Unifit Dämmung der WLG 035 zwischen den Deckenbalken gedämmt.

Abb. 14 Oberste Geschossdecke - gedämmt

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes getroffen:

Tab. 2: Aufbau der Obersten Geschossdecke von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Gipskartonplatten	1,25	0,25
Holzverschalung	2,4	0,13
PE-Folie	0,05	0,33
Konstruktionsholz - 9%	16	0,13
Mineralfaserdämmstoff - 91%	16	0,035
Holzverschalung	1,9	0,13

Der U-Wert der obersten Geschossdecke mit Dämmung zwischen den Sparren beträgt 0,23 W/(m²K).

Die oberste Geschossdecke kann durch eine Dämmung auf den Holzbalken weiter optimiert werden. Hierfür bietet sich eine trittfeste Dämmung aus Holzfaserdämmstoff an.

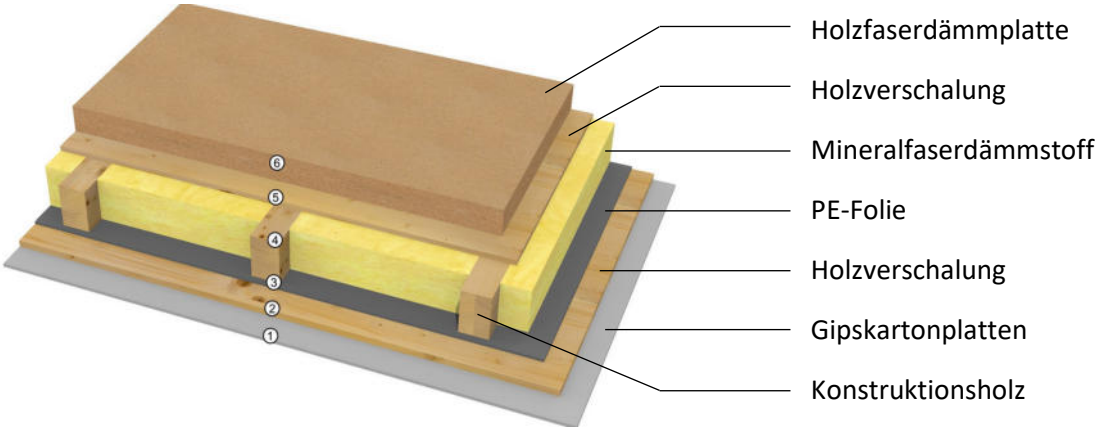

Abb. 15: Oberste Geschossdecke mit Zusatzdämmung

Der Aufbau der obersten Geschossdecke des Kinderhorts kann sich in saniertem Zustand beispielsweise wie folgt zusammensetzen:

Tab. 3: Dachaufbau von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Gipskartonplatten	1,25	0,25
Holzverschalung	2,4	0,13
PE-Folie	0,05	0,33
Konstruktionsholz - 9%	16	0,13
Mineralfaserdämmstoff - 91%	16	0,35
Holzverschalung	1,9	0,13
Holzfaserdämmplatte	10	0,035

Der U-Wert der obersten Geschossdecke im gezeigten sanierten Zustand beträgt 0,14 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt 0,20 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,14 W/(m²K).

Die Wärmeverluste der obersten Geschossdecke und des Daches können so um bis zu 33 % reduziert werden.

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Zu beachten:

Es wird empfohlen, für die Maßnahme mehrere Angebote von Fachfirmen einzuholen und sich auch über alternative Dämm-Konstruktionen beraten zu lassen. Dabei muss gewährleistet sein, dass der geforderte maximale U-Wert von 0,14 W/(m²K) eingehalten wird. Es ist darauf zu achten, dass die

Konstruktion fachgerecht mit allen Dichtungsebenen ausgeführt wird, sodass Wärmebrücken und Bauschäden vermieden werden.

4.1.2 Außenwände

Die Außenwände des Gebäudes bestehen aus Ziegeln. Lediglich beim Übergang zur Sporthalle handelt es sich um eine Stahlbetonkonstruktion.

Abb. 17: Außenwand EG

Abb. 16: Ziegelaußenwand

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes der Außenwände des Hauptgebäudes des Kinderhorts getroffen:

Tab. 4: Außenwandaufbau Typ 1 von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Ziegel	33	0,68
Putzmörtel	1,5	1

Der U-Wert der Außenwände in unsaniertem Zustand beträgt 1,45 W/(m²K).

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes der weiteren Außenwand getroffen:

Tab. 5: Außenwandaufbau Typ 2 von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Ziegel	29	0,68
Putzmörtel	1,5	1

Der U-Wert der Außenwände in unsaniertem Zustand beträgt 1,58 W/(m²K).

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung des U-Wertes der dritten Außenwand getroffen:

Tab. 6: Außenwandaufbau Typ 3 von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Ziegel	28	0,68
Putzmörtel	1,5	1

Der U-Wert der Außenwände in unsaniertem Zustand beträgt 1,62 W/(m²K).

Der Außenwandaufbau des Übergangs wurde wie folgt angenommen:

Tab. 7: Außenwandaufbau Typ 4 von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Stahlbeton	22	2,5
Putzmörtel	1,5	1

Der U-Wert der Außenwände in unsaniertem Zustand beträgt 3,40 W/(m²K).

Auch im Bereich der Außenwände ist es sinnvoll zu dämmen, um so die Wärmeverluste zu reduzieren. Die Außenwände sind mit einer Außendämmung sowie mit einem Wärmedämmputz zu versehen. Im Bereich der Außenwände, die an Außenluft grenzen, kann zum Beispiel mit einer Mineralfaserdämmung gearbeitet werden. Alle Wände, die an Erdreich grenzen müssen mit einer Perimeterdämmung versehen werden.

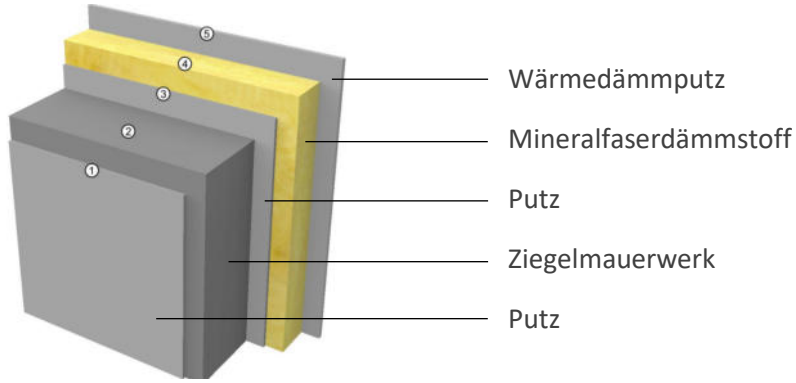

Abb. 18: Außenwandaufbau gedämmt

Der Wandaufbau der Wände des Kinderhorts, die an Außenluft angrenzen, kann sich in saniertem Zustand beispielsweise wie folgt zusammensetzen:

Tab. 8: Außenwandaufbau Typ 1 von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Ziegel	33	0,68
Putzmörtel	1,5	1
Mineralfaserdämmstoff	16	0,035
Dämmputz	2	0,08

Der U-Wert der Außenwände im gezeigten, sanierten Zustand beträgt 0,18 W/(m²K).

Auch die Außenwände des Typs 2 und 3 werden mit einer 16cm starken Mineralfaserdämmung gedämmt. Der U-Wert der Außenwand Typ 2 beträgt dann 0,18 W/(m²K), der der Außenwand Typ 3 0,19 W/(m²K).

Die Außenwand des Übergangs kann wie folgt saniert werden:

Tab. 9: Außenwandaufbau Typ 4 von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Stahlbeton	22	2,5
Putzmörtel	1,5	1
Mineralfaserdämmstoff	18	0,035
Dämmputz	2	0,08

Der U-Wert der Außenwände Typ 4 im gezeigten, sanierten Zustand beträgt 0,18 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt 0,24 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,20 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Die Wärmeverluste der Außenwände können durch die Dämmung so um bis zu 82 % reduziert werden.

Bei den an Erdreich grenzenden Außenwänden des Kinderhorts handelt es sich ebenfalls um Ziegelwände. Der Aufbau der Kellerwände wurde wie folgt angenommen:

Tab. 10: Kelleraußenwandaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Ziegel	28	0,68
Putzmörtel	1,5	1

Der U-Wert der Außenwände in unsaniertem Zustand beträgt 1,73 W/(m²K).

Auch hier ist es sinnvoll, die Kelleraußenwände mit einer sogenannten Perimeterdämmung zu dämmen. Diese eignet sich für zu dämmende Bauteile die an Erdreich grenzen.

In saniertem Zustand setzt sich der Wandaufbau wie folgt zusammen:

Tab. 11: Kelleraußenwandaufbau von innen nach außen – sanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Putzmörtel	1,5	0,7
Ziegel	28	0,68
Perimeterdämmung	14	0,035
Putzmörtel	1,5	0,7

Der U-Wert der Kelleraußenwände im gezeigten, sanierten Zustand beträgt 0,22 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut GEG beträgt 0,30 W/(m²K).

Der erforderliche U-Wert laut BEG beträgt 0,25 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Zu beachten:

Es wird empfohlen, für die Maßnahme mehrere Angebote von Fachfirmen einzuholen und sich auch über alternative Dämm-Konstruktionen – unter anderem diffusionsoffene Konstruktionen – beraten zu lassen.

Unter einer diffusionsoffenen Konstruktion versteht man eine Konstruktion, die gegenüber Dampf und Feuchtigkeit im Allgemeinen einen geringen Widerstand aufweist. Das heißt, Materialien, die über wenig Dichte, eine gute Wärmeisolierung und einen hohen Anteil an offenem Porenraum verfügen, sind diffusionsoffen. Hierzu zählen zum Beispiel Mineralwolle, Holzfaserdämmplatten oder Zellulosefasern.

Die Maßnahme muss fachgerecht durchgeführt werden, um ungewollte Wärmebrücken und Bauschäden zu vermeiden.

4.1.3 Fenster

Fenster haben eine Nutzungsdauer von ca. 30 Jahren. Die meisten Fenster wurden bereits durch effiziente 3-fach verglaste Fenster ersetzt. Die noch alten Fenster sollten ebenfalls altersbedingt ausgetauscht werden. Die vorhandenen alten Metallrahmenfenster sind durch moderne energieeffiziente Fenster zu ersetzen.

Abb. 19: Metallrahmenfenster

Abb. 20: Metallrahmenfenster WCs

Der einzuhaltende U-Wert der Fenster laut GEG beträgt 1,3 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert der Fenster laut BEG beträgt 0,95 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

Ein neuer Sonnenschutz mit einem sehr guten Abschattungsfaktor sollte ebenfalls in Betracht gezogen werden um einer Überhitzung im Sommer entgegen zu wirken.

Zu beachten:

Durch die Maßnahme wird das Gebäude luftdichter und der U-Wert der Fenster liegt unter dem U-Wert der Wände, sofern diese bis dahin nicht energetisch saniert wurden. Es besteht die Gefahr, dass sich ohne ausreichende Lüftung Feuchtigkeit an Wärmebrücken der Außenwände niederschlägt und sich Schimmel bilden kann. Es ist deshalb wichtig, ausreichend zu lüften. Sollte der Fenstertausch als Einzelmaßnahme erfolgen, sollte über eine bedarfsgerechte Lüftung (z.B. in Form von Fensterfalzlüftern) zur Sicherstellung der notwendigen Grundbelüftung nachgedacht werden. Gegebenenfalls ist auch eine Laibungsdämmung vorzusehen. Eine Unternehmererklärung für fachgerechten Einbau und Einhalten der geforderten U-Werte ist notwendig.

4.1.4 Außentüren

Die vorhandenen Türen des Kinderhorts wurden bereits durch energieeffiziente Türen ersetzt.

Abb. 21: Nebeneingangstür saniert

4.1.5 Unterster Gebäudeabschluss

Den unteren Gebäudeabschluss bilden zum einen die Bodenplatte und die Kellerdecke mit einem entsprechende Bodenaufbau.

Folgende Annahmen wurden für den Boden getroffen:

Tab. 12: Bodenaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Zement-Estrich	6	1,4
Polyethylenfolie	0,02	0,33
Trittschalldämmung	2	0,045
Beton	25	2
Bitumen	0,05	0,17

Der U-Wert der Bodenplatte in unsaniertem Zustand beträgt 1,27 W/(m²K).

Für die energetische Optimierung der Bodenplatte sollte diese oberseitig gedämmt werden. Um die Deckenhöhe nur auf das nötigste zu verringern, ist es sinnvoll auf einen Dämmstoff mit einer sehr guten Wärmeleitgruppe zurückzugreifen. Es ist anzuraten, diese Maßnahme durchzuführen, wenn Sanierungsarbeiten im Bereich der Böden der Kellerräume anstehen, da die Dämmung auf der Bodenplatte aufgebracht werden muss.

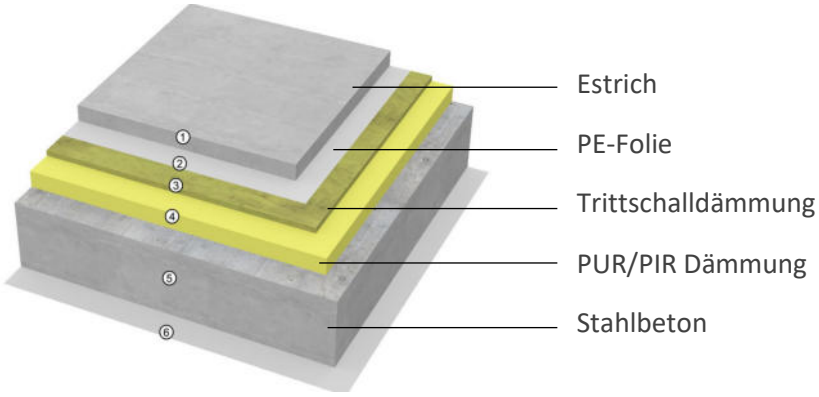

Abb. 22: Bodenplatte gedämmt

Der Bodenaufbau setzt sich in saniertem Zustand wie folgt zusammen:

Baustoff	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Zement-Estrich	6	1,4
Polyethylenfolie	0,02	0,33
Trittschalldämmung	2	0,045
PUR/ PIR	6	0,024
Beton	25	2

Bitumen	0,05	0,17

Der U-Wert der Bodenplatte in saniertem Zustand beträgt 0,30 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert des Bodens laut GEG beträgt 0,50 W/(m²K).

Der einzuhaltende U-Wert des Bodens laut BEG beträgt 0,35 W/(m²K).

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

4.2 Heizungsanlage

Ersatz der Gasheizung durch eine kombinierte Anlage aus Wärmepumpe und Biomasseheizung

Kurzbeschreibung:

Bei der vorhandenen Gasheizung handelt es sich um zwei Niedertemperaturheizkessel von 1984 mit einer Leistung von 680 kW und 1991 mit einer Leistung von 130 kW. Diese haben ihre technische Lebensdauer mittlerweile zum Teil deutlich überschritten und sollten zeitnah im Rahmen der üblichen Instandhaltungsmaßnahmen erneuert werden. Dies bietet Anlass für einen Wechsel zu einer modernen effizienten Lösung mit einer Kombination aus Wärmepumpe und Biomasseheizung. Die bestehenden Heizkessel werden demontiert und entsorgt. Die Biomasseheizung mit Speicher kann im vorhandenen Heizraum installiert werden. Gegebenenfalls kann der danebenliegende Lagerraum als Lager der Biomasse dienen. Für die Außeneinheit der Wärmepumpe ist ein geeigneter Aufstellort vor dem Haus zu wählen. Die Inneneinheit sollte ebenfalls im vorhandenen Heizraum stehen. Der Biomassekessel soll ausschließlich zur Spitzenlastabdeckung dienen. Die Grundlast soll über die Wärmepumpe gedeckt werden. Im Rahmen des Heizungstauschs ist die Optimierung des Verteilsystems (hydraulischer Abgleich, Pumpentausch, Leitungsdämmung) durchzuführen.

Die Wärmeübergabe in den Gebäuden erfolgt über Wandheizkörper, die manuell über Thermostatventile reguliert werden. Diese sollten durch optimierte Proportional-Integral-Regler getauscht werden.

Aktuell werden Wärmepumpen durch das BEG mit bis zu 40% gefördert.

Biomasse-Heizungen werden durch das BEG mit bis zu 20% gefördert.

Abb. 23: Gaskessel

Abb. 24: Heizungsverteilung

Zu beachten:

Die Maßnahme ist vorher mit dem zuständigen Schornsteinfeger abzustimmen. Die beauftragte Fach- bzw. Heizungsbaufirma muss darauf achten, dass die Biomasseheizung sowie die Wärmepumpe auf der Liste der förderfähigen Anlagen des BAFA steht. Die sichtbaren Verteilleitungen sind gemäß Stand der Technik und mindestens gemäß den gesetzlichen Bestimmungen, in Abhängigkeit der Rohrstärke und Lage der Rohre, zu dämmen.

Bei den Heizkörpern sind optimierte PI-Regler vorzusehen.

4.3 Photovoltaik

Durch die Nutzung einer Wärmepumpe als Heizungsanlage und den dadurch erhöhten Strombedarf, ist es sinnvoll eine Photovoltaikanlage auf dem Dach zu installieren. Aktuell dient die Heizungsanlage zur Beheizung des Kinderhorts sowie der angrenzenden Sporthalle. Da davon auszugehen ist, dass es weiterhin eine gemeinsame Heizzentrale geben wird, wurde dies bei der Vordimensionierung der PV-Anlage berücksichtigt. Damit die PV-Anlage möglichst wirtschaftlich betrieben werden kann, sollte diese auf den prognostizierten Verbrauch der Wärmepumpe plus den Eigenverbrauch ausgelegt werden. Es wurde daher angenommen, dass auch für die Beheizung der Sporthalle ggf. eine Wärmepumpe in Frage kommt. Die PV-Anlage sollte ca. eine Leistung von 40 kWp haben. Die Dachfläche bietet Platz für ca. 180 kWp. Falls die gesamte Dachfläche für eine PV-Anlage herangezogen werden soll, sollte geprüft werden, inwieweit dies wirtschaftlich ist. Für eine genaue Auslegung der PV-Anlage sollte eine Fachfirma hinzugezogen werden. Es ist durch einen Statiker zu prüfen, ob die Photovoltaikanlage auf die vorhandene Dachkonstruktion gebaut werden kann, oder ob diese ggf. verstärkt werden muss.

4.4 Lüftung

Bei der Gebäudesanierung ist die Erstellung eines sogenannten Lüftungskonzepts erforderlich. Dieses soll gewährleisten, dass ein ausreichender Luftaustausch im Gebäude sattfindet, sodass Tauwasserausfall und Schimmelbildung vermieden werden können und ein angenehmes Raumklima herrscht.

Die Lüftung des Gebäudes kann unter anderem über kleine dezentrale Zu- und Abluftgeräte mit Wärmerückgewinnung realisiert werden. So kann ein ausreichenden Luftaustausch gewährleistet werden.

Durch die Lüftungsanlage können die Verluste um 47% reduziert werden.

Die Maßnahme wird durch das BEG mit 15% gefördert.

4.5 Beleuchtung

Die Umrüstung des vorhandenen Beleuchtungssystems auf LED-Beleuchtung mit intelligenter Steuerung ist anzustreben. Hierdurch lassen sich je nach Leuchtentyp bei gleichbleibender oder sogar besserer Beleuchtung zwischen 40 % bis 80 % des Stromverbrauchs einsparen.

Die Maßnahme wird grundsätzlich durch das BEG mit 15% gefördert. Ggf. sind sogar höhere Fördersätze in Höhe von 25% bis 40% im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (Kommunalrichtlinie) möglich, wenn mindestens 50 % THG-Emissionen eingespart werden. In diesem Falle erfolgt die

Förderung auch für zusätzliche intelligente Steuerungs- und Regeltechnik. Die hierdurch potenziell steigenden Sanierungskosten werden dann jedoch durch potenziell niedrigere Verbrauchskosten i.d.R. kompensiert.

4.6 Sommerlicher Wärmeschutz

Auch der sommerliche Wärmeschutz sollte bei der Sanierung mit beachtet werden. Es ist sinnvoll außenliegende Verschattungssysteme mit einem guten Abschattungsfaktor einzubauen, die einer Überhitzung im Sommer entgegenwirken. Bei Räumen mit sehr großen Fensterflächen und einer verhältnismäßig geringen Grundfläche kann es sinnvoll sein, eine Berechnung bzgl. des sommerlichen Wärmeschutzes durchzuführen, um der Überhitzung im Sommer vorzubeugen. Falls eine Sonnenschutzvorrichtung eingebaut wird, ist es sinnvoll, diese über Sensoren und eine sinnvolle Programmierung zu steuern um den Sonnenschutz optimal nutzen zu können.

Auch Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz sind über das BEG mit 15% förderfähig.

5 Energieeinsparung

5.1 Energieeinsparung nach Einzelmaßnahmen

Nach Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen reduzieren sich die Wärme- und Anlagenverluste. Zugrunde gelegt sind die Anforderungen des Förderprogramms BEG wie vorhergehend beschrieben.

Nutzenergieverbrauch

Tab. 13: Nutzenergieverbrauch

Nutzenergieverbrauch	Ist	Saniert	Einsparung
Dach/ Oberste Geschossdecke	13.966 kWh/a	9.406 kWh/a	33%
Außenwand	105.064 kWh/a	18.976 kWh/a	82%
Fenster/ Türen/ Tore	42.438 kWh/a	45.493 kWh/a	-7%
Keller	40.115 kWh/a	11.839 kWh/a	70%
Lüftung	94.029 kWh/a	50.264 kWh/a	47%
Heizung	146.209 kWh/a	-35.556 kWh/a	124%

Bei vollständiger Sanierung aller Bauteile ergibt sich somit eine Reduzierung der Nutzenergie von aktuell 441.821 kWh/a auf 100.422 kWh/a. Das entspricht einer Minderung der erforderlichen Nutzenergie von 77 %.

Wie bereits erwähnt wurde die PV-Anlage für beide zu beheizenden Gebäude angesetzt, die Wärmepumpe allerdings nur für den Kinderhort ausgelegt. Beim Heizenergieverbrauch ergibt sie hierdurch ein negativer Wert, da der Energieverbrauch durch die Wärmepumpe sowie der Energieertrag der PV-Anlage zusammen bilanziert werden.

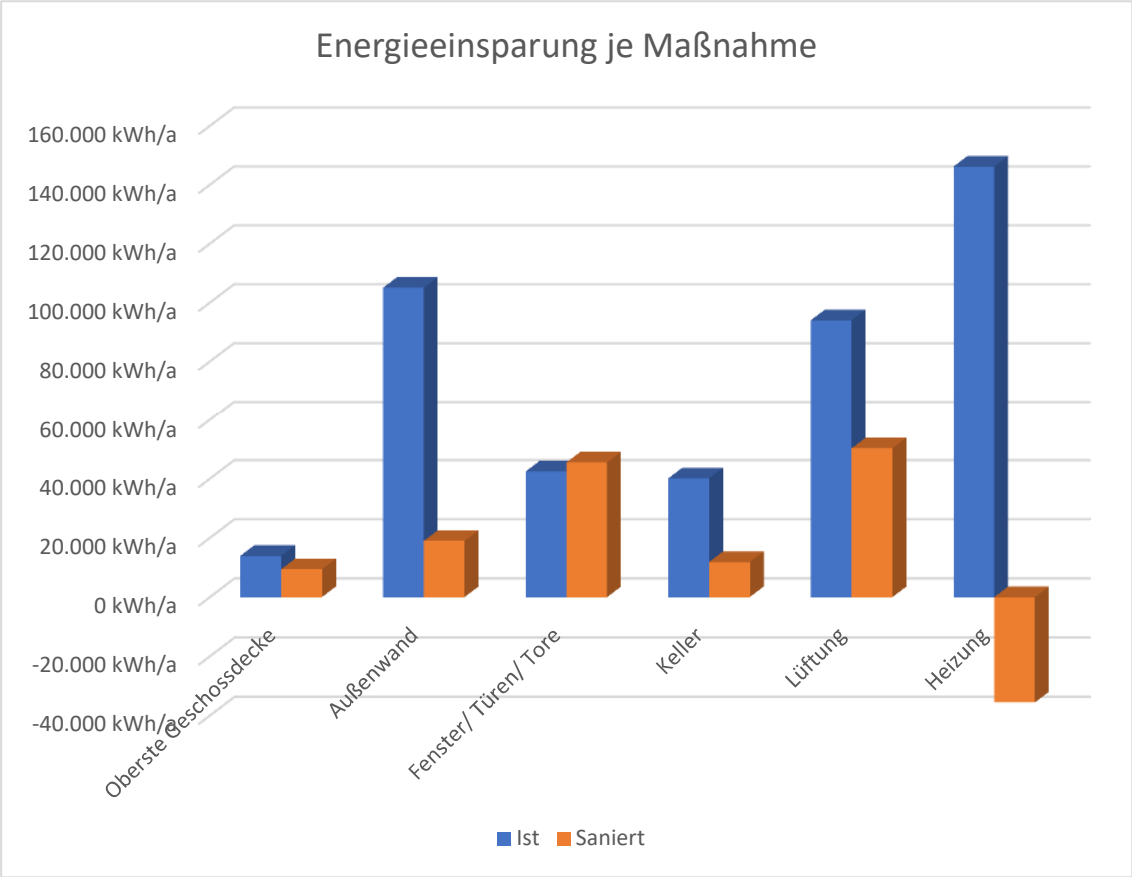

Abb. 25: Energieverbrauch je Sanierungsmaßnahme

5.2 Einsparung von Primär -, End- und Nutzenergie

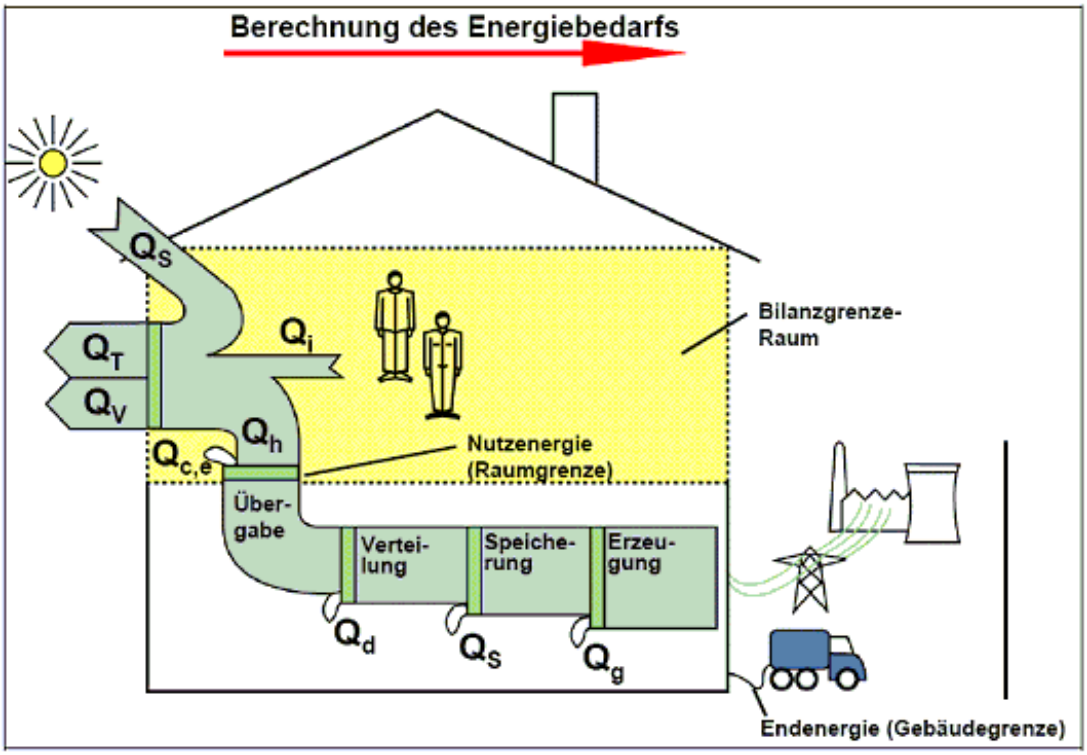

Abb. 26: Berechnung des Energiebedarfs
(QUELLE: ENERGIEBERATUNGSSOFTWARE HOTTGENROTH)

Exkurs: Definition von Primär-, End-, und Nutzenergie:

In der folgenden Auswertung wird nach Primär-, End- und Nutzenergie unterschieden. Die Definition sowie die jeweiligen Anwendungs-, bzw. Bilanzierungsgrenzen werden folgend kurz erläutert:

- Der Begriff „Primärenergie“ stellt den im wissenschaftlichen Sinn „nicht-regenerativen“ bzw. „fossilen“ Anteil der Primärenergie dar.
- „Endenergie“ stellt den Energiebedarf ab Gebäudegrenze dar, das heißt im Gegensatz zur Nutzenergie werden die hausseitig und anlagentechnisch bedingten Energieverluste mit enthalten.
- Die reine „Nutzenergie“ bezeichnet den Wärmebedarf für die beheizten Räume der jeweiligen Gebäude.

Den Unterschied der Energieformen soll der beispielhafte Vergleich von Heizöl (fossiler Energieträger) und Holzpellets (regenerativer Energieträger) zeigen. Ähnlich verhält es sich auch mit anderen regenerativen und fossilen Energieträgern.

Bei der **Endenergie** handelt es sich um die Menge Energie, die im Energieträger unmittelbar gespeichert ist. So enthalten beispielsweise 1.000 Liter Heizöl oder ca. 2 Tonnen Holzpellets mit jeweils ca. 10.000 kWh_{Hu} dieselbe Menge Endenergie. Unter der vergleichenden Annahme, dass beide Heizsysteme denselben gegebenen Wirkungsgrad und dieselben gegebenen Leitungsverluste haben, können in der beispielhaften Betrachtung jeweils ca. 8.000 kWh_{th} als Nutzenergie (Nutzenergie = Endenergie -

Systemverluste) in Form von warmem Wasser im Heizungskreislauf über einen Heizkörper zum Heizen genutzt werden.

Sowohl beim Heizöl als auch bei den Holzpellets wird in dieser Betrachtung also dieselbe Menge End- und Nutzenergie verbraucht. Sie unterscheiden sich jedoch maßgeblich im **Primärenergieverbrauch.** Dieser gibt an, wie viel Energie welcher Art insgesamt – inklusive aller Vorketten – in dem jeweiligen Energieträger beinhaltet ist und zur Herstellung und Verteilung benötigt wurde. Sie setzt sich aus „fossiler“ Primärenergie und „regenerativer“ Primärenergie zusammen. Während es sich bei der fossilen Primärenergie um den Anteil Primärenergie handelt, der über viele Millionen Jahre Erdgeschichte in Gesteinsschichten gebildet wurde (Erdöl, Erdgas, Kohle), handelt es sich beim regenerativen Anteil Primärenergie um denjenigen Anteil, der durch Sonne, Wind und andere Formen erneuerbarer Energien bereitgestellt wurde. Bei dem Energieträger Holz handelt es sich in diesem Zusammenhang zum Beispiel um Sonnenenergie, die durch Photosynthese den Baum hat wachsen lassen. Jedoch wird auch bei dem Energieträger Holz häufig noch ein kleiner Anteil fossiler Primärenergie benötigt, um den Energieträger in der Vorkette z.B. mit benzinbetriebenen Erntemaschinen (Verbrauch fossiler Kraftstoffe) aus dem Wald zu holen oder diesen bis zum Endverbraucher zu liefern (z.B. Benzin oder Diesel für den Transport im LKW).

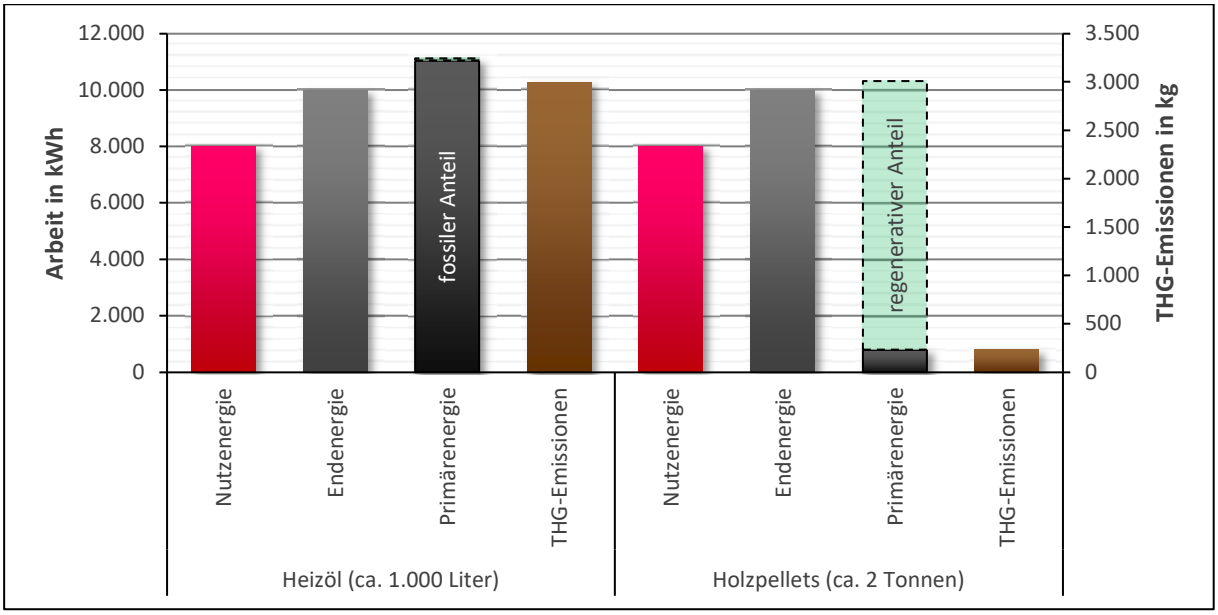

Abb. 27: Vergleich der Energieformen Nutz-, End- und Primärenergie
(Quelle: IINAS 2022, eigene Berechnungen und Darstellung EVF 2022)

5.2.1 Primärenergiebedarf

Der aktuell ermittelte Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt 385.018 kWh/a und kann durch die vorhergehend beschriebenen Sanierungsmaßnahmen auf 62.227 kWh/a reduziert werden. Bezogen auf die Fläche entspricht das im Ist-Zustand einem Primärenergiebedarf von 375 kWh/m²a und lediglich 62 kWh/m²a im sanierten Zustand.

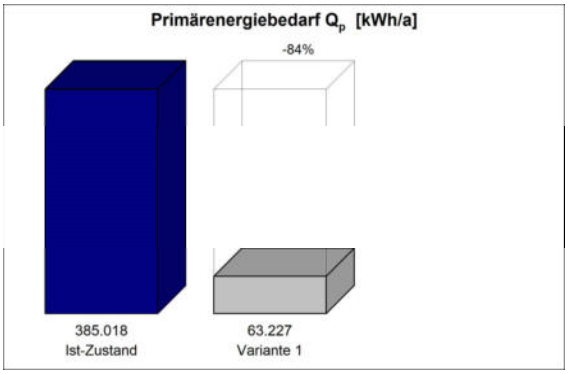

Abb. 28: Primärenergiebedarf absolut pro Jahr

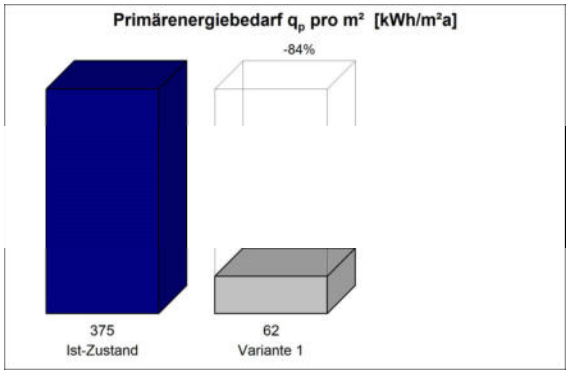

Abb. 29: Flächenbezogener Primärenergiebedarf/a

5.2.2 Endenergiebedarf

Der aktuell ermittelte Endenergiebedarf des Gebäudes beträgt 365.598 kWh/a und kann durch die vorhergehenden beschriebenen Sanierungsmaßnahmen auf 42.237 kWh/a reduziert werden. Bezogen auf die Fläche entspricht dies im Ist-Zustand einem Endenergiebedarf von 356 kWh/m²a und lediglich 41 kWh/m²a im sanierten Zustand.

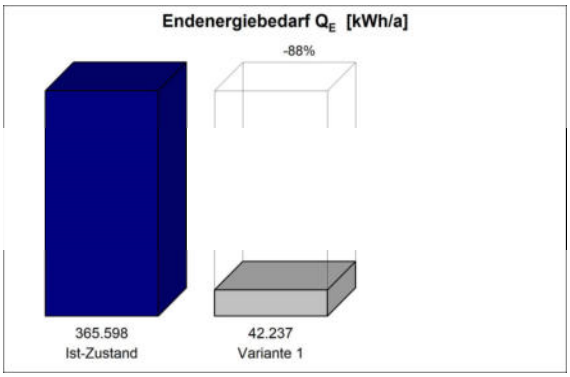

Abb. 30: Endenergiebedarf pro Jahr

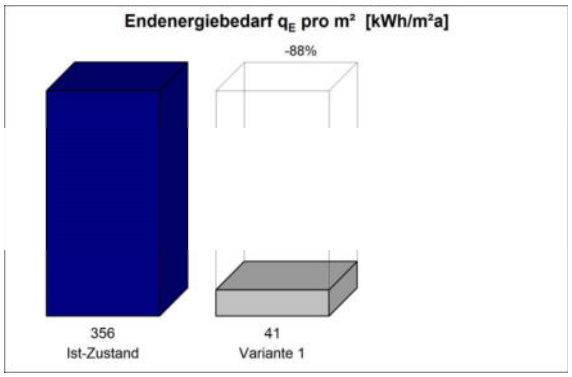

Abb. 31: Flächenbezogener Endenergiebedarf /a

5.2.3 Nutzenergiebedarf

Der aktuelle ermittelte Nutzenergiebedarf des Gebäudes beträgt 226.921 kWh/a und kann durch die Sanierungsmaßnahmen auf 86.128 kWh/a reduziert werden. Bezogen auf die Fläche entspricht dies im Ist-Zustand einem Nutzenergiebedarf von 221 kWh/m²a und lediglich 84 kWh/m²a im sanierten Zustand.

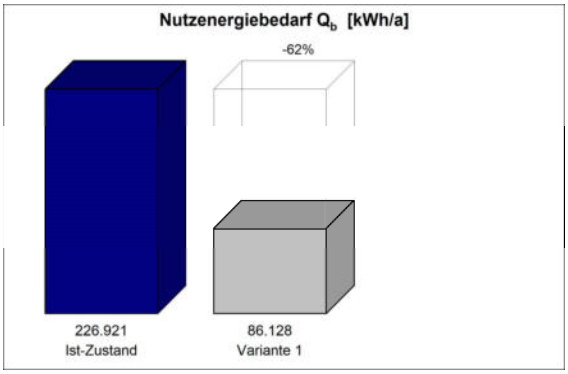

Abb. 32: Nutzenergiebedarf pro Jahr

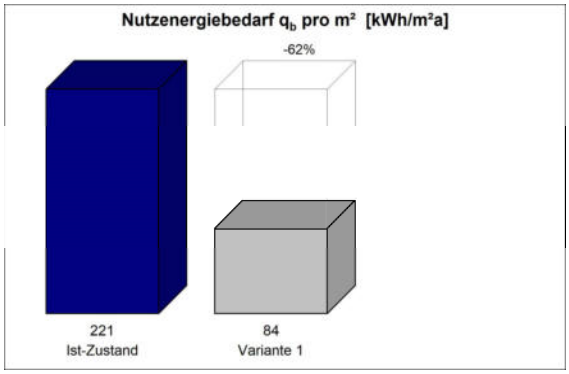

Abb. 33: Flächenbezogener Nutzenergiebedarf /a

Durch die Sanierungsmaßnahmen kann ein Effizienzgebäude 55 erreicht werden.

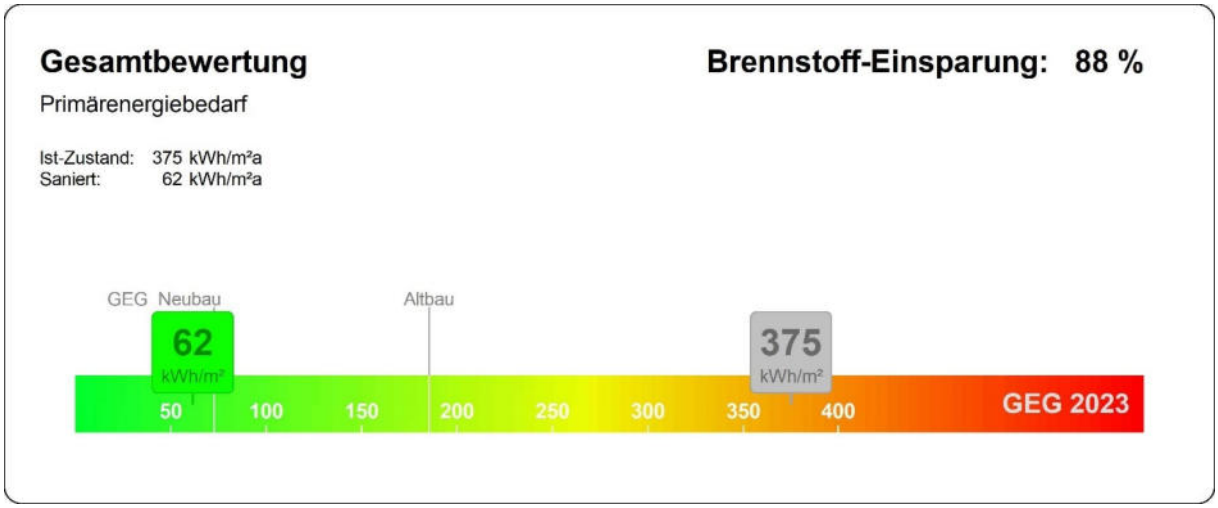

Abb. 34: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

6 Sanierungskosten

Die gesamten Sanierungskosten setzen sich aus der Optimierung der Gebäudehülle sowie der Anlagentechnik (Heizung/ Lüftung) zusammen.

Tab. 14: Grobkostenschätzung für einzelne Sanierungsmaßnahmen - Bruttokosten

Maßnahme	Grobkostenschätzung
Boden	66.966 €
Kellerdecke	3.130 €
Außenwand	95.119 €
Außenwand Erdreich	15.393 €
Fenster	16.902 €
Dach/ Oberste Geschossdecke	32.232 €
Heizung Wärmepumpe	90.000 €
Heizung Biomasse	50.000 €
Lüftungsanlage	105.300 €
PV-Anlage	60.000 €
Gesamtkosten	**443.620 €**

Hinweis: Für die Kostenermittlung wurden pauschalisierte Preise zu Grunde gelegt, diese können sich durch die Wahl von anderen Baustoffen von den tatsächlichen Kosten unterscheiden. Es ist daher sinnvoll sich verschiedene Angebote einzuholen und sich verschiedene Konstruktionen anbieten zu lassen. Auch die aktuell in Verbindung mit Lieferengpässen stehenden und im Rahmen der durch den Ukraine-Krieg ausgelösten Energiekrise ständig steigenden Baukosten sind schwer abzubilden, sodass mit größeren Abweichungen zu rechnen ist.

Förderung:

Für die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen sind zwei unterschiedlichen Förderkulissen vorhanden, die in den folgenden Abschnitten dargestellt werden:

- BEG-EM: Sanierung Schritt für Schritt mit Einzelmaßnahmen
- KfW 464: Komplettsanierung in einem Zug

6.1 Sanierung Schritt für Schritt mit Einzelmaßnahmen

Bei einer Schritt-für-Schritt- Sanierung mit Einzelmaßnahmen können über das BEG-EM folgende Förderungen bezogen werden (Stand: 05.2023):

Tab. 15: Förderungen für Einzelmaßnahmen:

	Kosten	Förder-quote	Förderung	übrige Kosten
Boden	66.966 €	15%	10.045 €	56.921 €
Kellerdecke	3.130 €	15%	469 €	2.660 €
Außenwand	95.119 €	15%	14.268 €	80.851 €
Außenwand Erdreich	15.393 €	15%	2.309 €	13.084 €
Fenster	16.902 €	15%	2.535 €	14.366 €
Dach/ Oberste Geschossdecke	37.920 €	15%	5.688 €	32.232 €
Heizung Wärmepumpe	90.000 €	40%	36.000 €	54.000 €
Heizung Biomasse	50.000 €	20%	10.000 €	40.000 €
Lüftungsanlage	105.300 €	15%	15.795 €	89.505 €
PV-Anlage	60.000 €	-	-	60.000 €
Gesamtkosten	**540.729 €**		**97.109 €**	**443.620 €**

6.2 Komplettsanierung in einem Zug

Wenn das Gebäude in einem Zug zu einem Effizienzgebäude 55 saniert wird, kann eine Förderung in Form eines Zuschusses von 30% über das Programm KfW 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“ bezogen werden. Dies entspricht einer Fördersumme von 144.219 €. Der restliche Betrag der Sanierungskosten beträgt 396.511 €.

Alternativ kann auch ein Tilgungszuschuss von 15% über das Programm KfW 264 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit“ beantragt werden. Die Förderhöhe beträgt dann 72.109 € bei einem Restbetrag von 468.620 €.

7 Förderung

7.1 Förderhinweise (April 2023)

KfW 264 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit“
Die energetische Sanierung öffentlicher Gebäude, die kommunalen und sozialen Zwecken dienen, wird über das KfW-Programm 264 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit“ gefördert. Die Förderung geschieht in der Gewährung eines zinsgünstigen Finanzierungskredits und Tilgungszuschüssen, deren Höhe sich nach dem nach der Sanierung erreichten Effizienzgebäude-Standard richtet. Für die Durchführung von Einzelmaßnahmen wird ein pauschaler Tilgungszuschuss von 20 % der förderfähigen Kosten gewährt. Die Höhe der Tilgungszuschüsse wird zudem durch einen maximalen Zuschussbetrag von 2.000 € pro m² Nettogrundfläche begrenzt. Für die Sanierung eines „Worst Performing Buildings“ (WPB) können 10 % Extra-Tilgungszuschuss bezogen werden.

Tab. 16: KfW 264 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit (Konditionen Stand 04/2023)

Sanierung	Tilgungszuschuss	Höchstbetrag pro m²
Effizienzgebäude 40	20 %	400 €
Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	25 %	500 €
Effizienzgebäude 55	15 %	300 €
Effizienzgebäude 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	20 %	400 €
Effizienzgebäude 70	10 %	200 €
Effizienzgebäude 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	15 %	300 €
Effizienzgebäude Denkmal	5 %	100 €
Effizienzgebäude Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	10 %	200 €

Die Zinskonditionen für das Finanzierungsdarlehen liegen je nach Laufzeit zwischen 0,0 und 0,33 % (Stand 04/2023). Es steht ein maximales Kreditvolumen von 10 Mio. € mit drei Finanzierungsvarianten zur Verfügung:

Tab. 17: Finanzierungsvarianten für KfW 264

Laufzeit (a)	tilgungsfreie Anlaufjahre	Zinsbindung (a)
10	2	10
20	3	10
30	5	10

Hinweis der KfW:

Um die zur Verfügung stehenden Mittel gleichmäßig verteilen zu können, wurden im Rahmen der Steuerung des kommunalen Direktkreditgeschäfts folgende Obligogrenzen pro Darlehensnehmer festgelegt:

- Bei Städten und Gemeinden bis zu 1.000 Euro pro Einwohner/in.
- Bei Gemeindeverbänden und Landkreisen bis zu 300 Euro pro Einwohner/in.

Bei beiden zuvor genannten Antragstellergruppen gilt unabhängig von den jeweiligen Pro-Kopf-Beträgen jedoch maximal 10 Mio. Euro.

7.1.1 KfW 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“

Eine weitere Fördermöglichkeit für die energetische Sanierung öffentlicher Gebäude, die kommunalen und sozialen Zwecken dienen, biete das KfW-Programm 464 „Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss“. Die Förderung geschieht in der Gewährung eines Zuschusses, deren Höhe sich nach dem nach-Sanierung erreichten Effizienzgebäude-Standards richtet. Die Höhe der Tilgungszuschüsse wird zudem durch einen maximalen Zuschussbetrag von 2000 € pro m² Nettogrundfläche begrenzt.

Tab. 18: KfW 464 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss – Konditionen Stand 04/2023

Sanierung	Tilgungszuschuss	max. Zuschuss
Effizienzgebäude 40	35 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3,5 Mio. Euro
Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	40 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 4 Mio. Euro
Effizienzgebäude 55	30 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3 Mio. Euro
Effizienzgebäude 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	35 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3,5 Mio. Euro
Effizienzgebäude 70	25 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 2,5 Mio. Euro
Effizienzgebäude 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	30 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 3 Mio. Euro
Effizienzgebäude Denkmal	20 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 2 Mio. Euro
Effizienzgebäude Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	25 % von max. 10 Mio. Euro förderfähigen Kosten	bis zu 2,5 Mio. Euro

Der max. Zuschussbetrag für ein Effizienzgebäude liegt bei 4 Mio. Euro pro Vorhaben, bei dem eine neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird.

7.1.2 BEG – Bundesförderung für effiziente Gebäude

Die energetische Sanierung von Gebäuden in Form von baulichen Einzelmaßnahmen wird seit Jahresbeginn 2021 im Rahmen der BEG (Bundesförderung für effiziente Gebäude) gefördert. Sofern die vom BEG geforderten Mindestanforderungen für die U-Werte der betreffenden Bauteile eingehalten werden, gilt ein Fördersatz von 15 %. Das Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 2.000 € (brutto) und ist gedeckelt auf 1.000 €/m² und maximal 5 Mio. €. Um die Förderung zu erhalten, ist grundsätzlich die Einbeziehung eines EnergieEffizienz-Experten im Rahmen der sogenannten Baubegleitung notwendig. Die Leistungen der EnergieEffizienz-Experten werden dabei zu 50 % gefördert.
Die Nutzung erneuerbarer Energien zu Heizzwecken wird ebenfalls durch das BEG gefördert. Dabei wird der Austausch einer bestehenden durch eine neue Anlage bestimmten Typs gefördert. Neben den Kosten für die Anlagentechnik und die Heizungsoptimierung werden sämtliche mit der Maßnahme in Verbindung stehende Kosten gefördert. Die Höhe der Förderungen für einen Heizungstausch sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tab. 19: BEG-Förderung: Heizungsanlagen (Stand 05/2023)

Neue Heizanlagen:	Förderung	Heizungs-Tausch-Bonus	Wärmepumpen-Bonus	max. Förderung
Wärmepumpe	25%	10%	5%	40%
Biomasseheizung	10%	10%		20%
Solarthermieanlage	25%	10%		35%
Brennstoffzellenheizung	25%	10%		35%
Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien	25%	10%		35%
Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (ohne Biomasse)	30%			30
Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 25% Biomasse für Spitzenlasten)	25%			25%
Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 75% Biomasse für Spitzenlasten)	20%			20%
Anschluss an ein Gebäudenetz	25%	10%		35%
Anschluss an ein Wärmenetz	30%	10%		40%

Für die Beantragung der Fördermittel bei Heizungstausch ist grundsätzlich kein EnergieEffizienz-Experte notwendig. Die Antragsstellung kann selber durch den Antragssteller online vorgenommen werden. Nach Abschluss der Maßnahme muss eine Fachunternehmererklärung der ausführenden Fachfirma beim Fördergeber eingereicht werden.
Weiterhin werden Sanierungsmaßnahmen für sonstige Anlagentechnik (außer Heizung) mit 15 % gefördert. Hierzu zählen Raumlufttechnische Anlagen, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Kältetechnik zur Raumkühlung und der Einbau von energieeffizienten Beleuchtungssystemen. Das Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 2.000 € (brutto) und ist gedeckelt auf 1.000 €/m² und maximal 5 Mio. €. Um die Förderung zu erhalten ist ebenfalls die Einbeziehung eines EnergieEffizienz-Experten im Rahmen der sogenannten Baubegleitung notwendig. Die Leistungen der EnergieEffizienz-Experten werden dabei mit 50 % gefördert.

7.1.3 Kommunalrichtlinie

Die Bundesrepublik Deutschland fördert die Umrüstung von kommunaler Innen- und Hallenbeleuchtung auf hocheffiziente LED-Technik im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (Kommunalrichtlinie – Investive Maßnahmen). Konkret handelt es sich dabei um das Förderprogramm für investive Klimaschutzmaßnahmen zur Sanierung der Innen- und Hallenbeleuchtung. Die Integration intelligenter Steuerungs- und Regeltechnik ist im Förderumfang enthalten.

Grundsätzlich wird eine Förderung im Sinne eines Investitionskostenzuschusses gewährt, wenn durch die Umrüstungsmaßnahmen eine CO_2-Emissionsminderung von mindestens 50% in allen von der Umrüstung betroffenen Leuchtensystemen erreicht wird, die Lichtplanung nach DIN EN 12464-1:2011-08 bzw. bei Sportstätten nach DIN EN 12193 durch qualifizierte Planer durchgeführt wird und weitere technische Mindestanforderungen bei den geplanten Leuchtensystemen eingehalten werden.

In diesem Falle gewährt der Fördergeber aktuell einen Zuschuss in Höhe von 25% der zuwendungsfähigen Kosten. Kommunen, die dem Fördergeber gegenüber ihre Finanzschwäche nachweisen können, sowie Antragstellende aus Braunkohlegebieten erhalten einen erhöhten Fördersatz von 40%.

Die Förderung wird durch Einreichung von Förderanträgen bei der zuständigen Zukunft – Umwelt – Gesellschaft (ZUG) GmbH beantragt. Weitere Informationen zur obigen Fördermaßnahme können der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld unter https://www.klimaschutz.de/kommunalrichtlinie entnommen werden.

8 Wirtschaftlichkeit

8.1 Wirtschaftlichkeitskalkulation ohne Förderung

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtkostenvolumen ohne Berücksichtigung der Förderungen von 540.729 €.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Tab. 20: Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Parameter	Umfang
Betrachtungszeitraum	30 Jahre
Aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	60.097 €
Aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	14.598 €
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Heizungsanlage	3,50 %
Teuerungsrate Wartungskosten	4,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %

Daraus ergeben sich über die Nutzungsdauer von 30 Jahren die folgenden gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tab. 21: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	37.205 €	1.116.150 €
Wartungskosten	15.878 €	476.340 €
Reduzierte Brennstoffkosten	24.321 €	729.630 €
Gesamtkosten Saniert	77.404 €	2.322.120 €
Brennstoffkosten ohne Sanierungsmaßnahmen	100.124 €	3.003.720 €
Mittlere Einsparung	22.720 €	681.600 €

Hieraus ergibt sich eine Amortisationsdauer ohne Berücksichtigung der Förderung von 17 Jahren. Innerhalb von 30 Jahren können durch die Sanierungsmaßnahmen knapp 700.000 € eingespart werden.

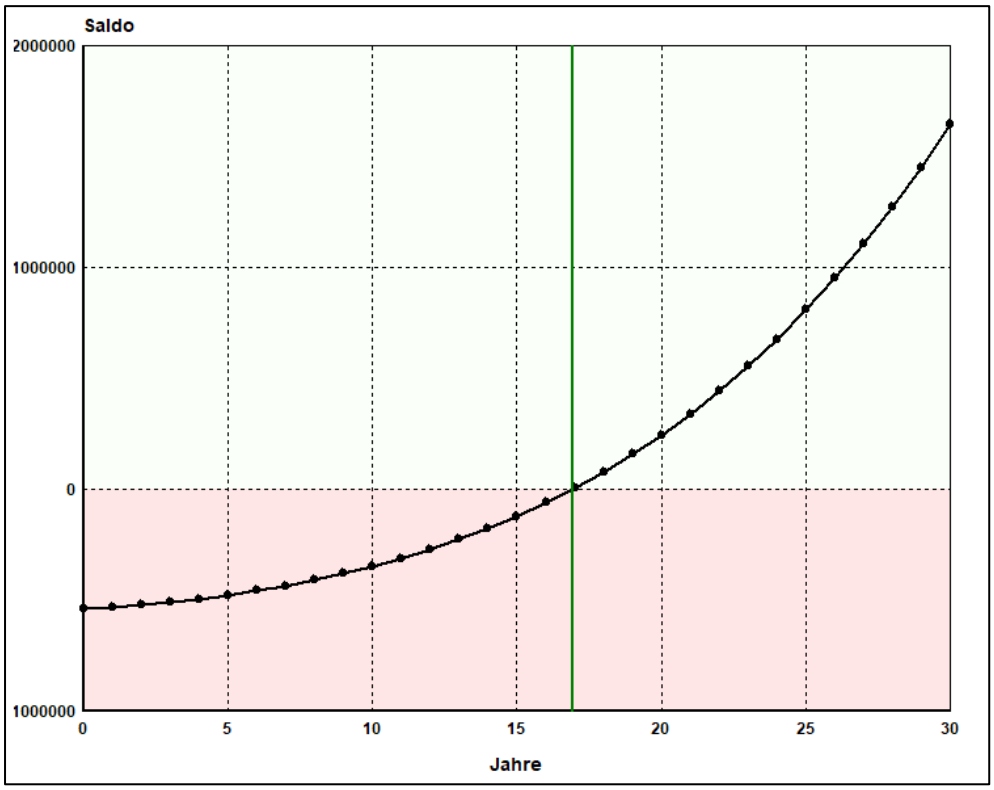

Abb. 35: Amortisation der Sanierungsmaßnahme ohne Förderung

Nachfolgend ist im Diagramm dargestellt, wie sich die Wirtschaftlichkeit bezogen auf die Änderung der Teuerungsraten anpasst. Je geringer die Teuerungsraten, desto schneller amortisieren sich die Maßnahmen.

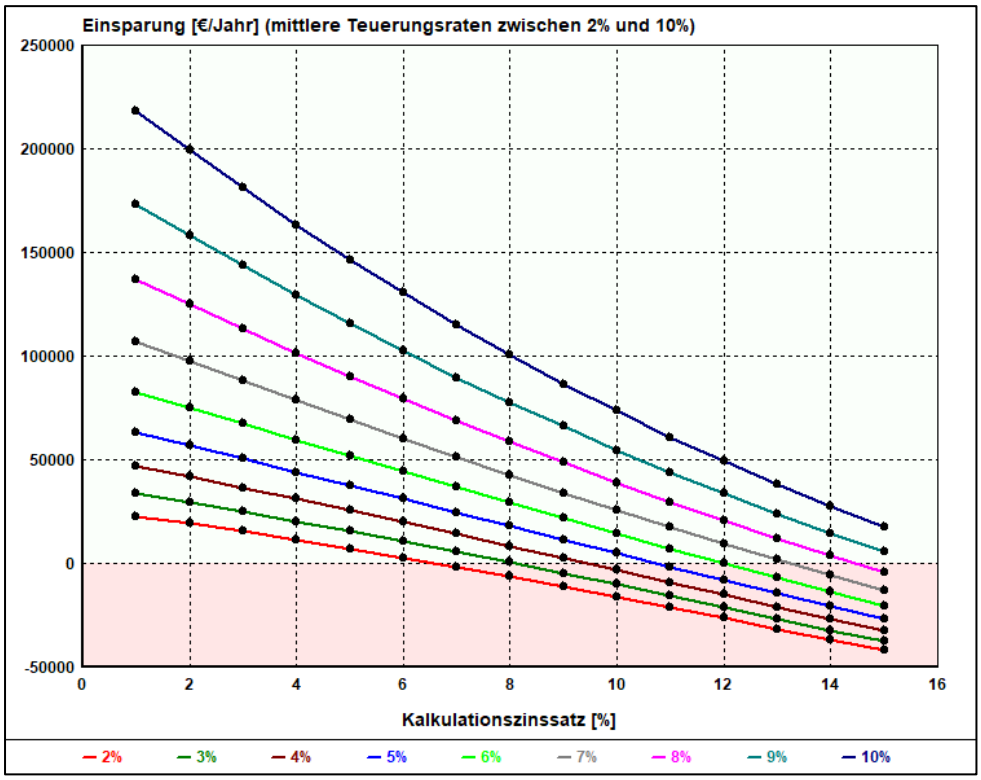

Abb. 36: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen

8.2 Wirtschaftlichkeitskalkulation mit Förderung

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtkostenvolumen mit Berücksichtigung der BEG-Förderung für Einzelmaßnahmen von 443.620 €.

Es wurden dieselben Parameter zugrunde gelegt wie ohne Berücksichtigung der Förderung (siehe Tabelle Tab. 20: Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung).
Daraus ergeben sich über die Nutzungsdauer von 30 Jahren die folgenden gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tab. 22: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	30.521 €	915.630 €
Wartungskosten	15.878 €	476.340 €
Reduzierte Brennstoffkosten	24.321 €	729.630 €
Gesamtkosten Saniert	70.720 €	2.121.600 €
Brennstoffkosten ohne Sanierungsmaßnahmen	100.124 €	3.003.720 €
Mittlere Einsparung	29.404 €	882.120 €

Hieraus ergibt sich eine Amortisationsdauer mit Berücksichtigung der Förderung von knapp 14 Jahren. Innerhalb von 30 Jahren können durch die Sanierungsmaßnahmen ca. 900.000 € eingespart werden.

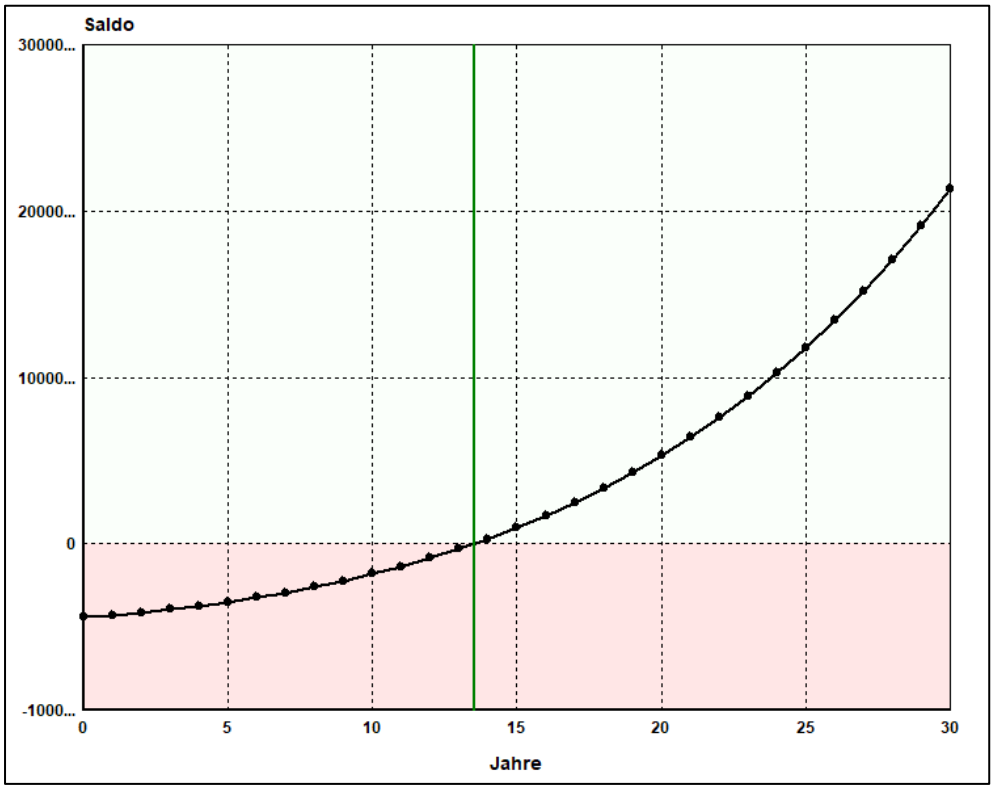

Abb. 37: Amortisation der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung

Nachfolgend ist im Diagramm dargestellt, wie sich die Wirtschaftlichkeit bezogen auf die Änderung der Teuerungsraten anpasst. Je geringer die Teuerungsraten, desto schneller amortisieren sich die Maßnahmen.

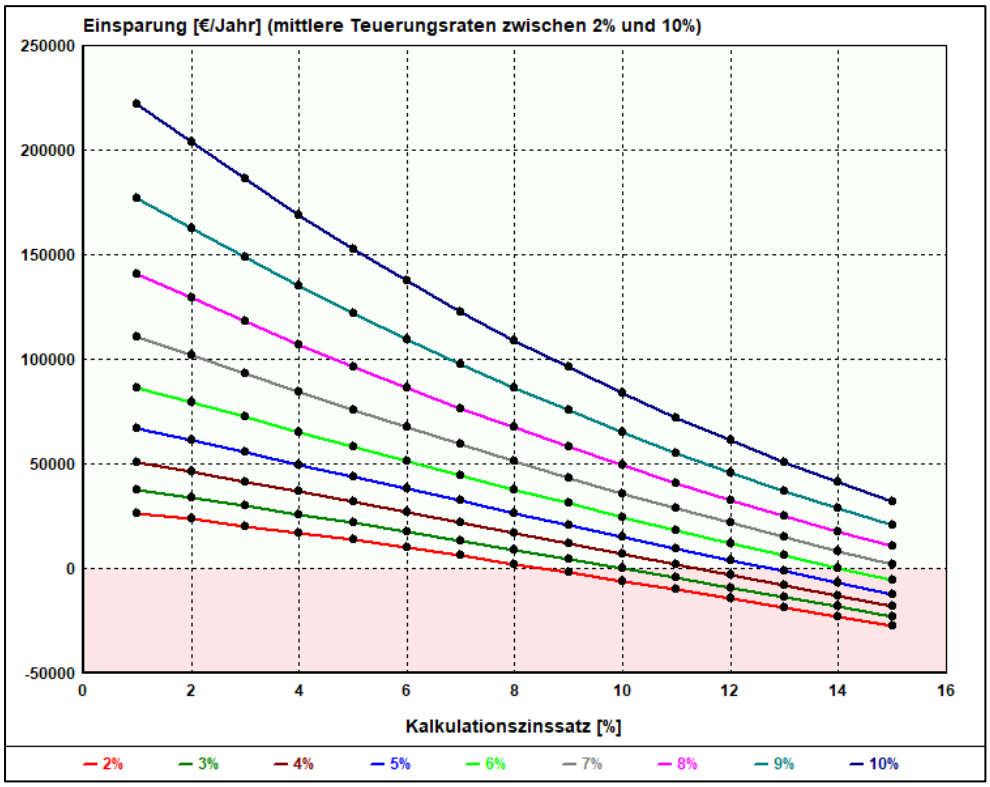

Abb. 38: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen

8.3 Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeit

Vorangehend wurden die verschiedenen Sanierungsmaßnahmen dargestellt und die Wirtschaftlichkeitskalkulationen der Maßnahmen mit und ohne Förderung dargelegt.

Zusammenfassend kann die Aussage getroffen werden, dass eine förderkonforme Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen einen Investitionsvorteil von ca. 100.000 € bietet.

Trotz der hohen Sanierungskosten können über den zukünftig reduzierten Energiebedarf insgesamt bis zu 900.000 € über eine Laufzeit von 30 Jahren eingespart werden.

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Luftbild des Kinderhorts 2

Abb. 2: Ansicht Süd-West

Abb. 3: Ansicht Süd-West Übergang 2

Abb. 4: Ansicht West 1

Abb. 5: Ansicht West 2 2

Abb. 6: Ansicht Nord-Ost 1

Abb. 7: Ansicht Nord-Ost 2 3

Abb. 8: Ansicht Nord-Ost 3 3

Abb. 13: Gebäudemodell Kinderhort 4

Abb. 14: Zonierung UG 5

Abb. 15: Zonierung EG 6

Abb. 16: Zonierung OG 7

Abb. 17: Gesamtbewertung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes 8

Abb. 19 Oberste Geschossdecke - gedämmt 10

Abb. 20: Oberste Geschossdecke mit Zusatzdämmung 11

Abb. 21: Ziegelaußenwand 12

Abb. 22: Außenwand EG 12

Abb. 23: Außenwandaufbau gedämmt 13

Abb. 24: Metallrahmenfenster 16

Abb. 25: Metallrahmenfenster WCs 16

Abb. 28: Nebeneingangstür saniert 16

Abb. 32: Bodenplatte gedämmt 17

Abb. 33: Gaskessel 18

Abb. 34: Heizungsverteilung 18

Abb. 35: Energieverbrauch je Sanierungsmaßnahme 22

Abb. 36: Berechnung des Energiebedarfs 23

Abb. 37: Vergleich der Energieformen Nutz-, End- und Primärenergie 24

Abb. 38: Primärenergiebedarf absolut pro Jahr 25

Abb. 39: Flächenbezogener Primärenergiebedarf/a 25

Abb. 40: Endenergiebedarf pro Jahr 25

Abb. 41: Flächenbezogener Endenergiebedarf /a 25

Abb. 42: Nutzenergiebedarf pro Jahr 26

Abb. 43: Flächenbezogener Nutzenergiebedarf /a 26

Abb. 44: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf 26

Abb. 45: Amortisation der Sanierungsmaßnahme ohne Förderung 34

Abb. 46: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen 35

Abb. 47: Amortisation der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung 36

Abb. 48: Einfluss der Randbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen 37

10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Legende der Zonierung nach DIN 18599 4

Tab. 2: Dachaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand 10

Tab. 3: Dachaufbau von innen nach außen – sanierter Zustand 11

Tab. 5: Erdgeschosswandaufbau Prischosshalle von innen nach außen – unsanierter Zustand 12

Tab. 7: Kellerwandaufbau Typ 1 von innen nach außen – unsanierter Zustand 12

Tab. 9: Außenwandaufbau Prischosshalle von innen nach außen – sanierter Zustand 14

Tab. 14: Bodenaufbau von innen nach außen – unsanierter Zustand 17

Tab. 15: Nutzenergieverbrauch 21

Tab. 16: Grobkostenschätzung für einzelne Sanierungsmaßnahmen - Nettokosten 27

Tab. 17: Förderungen für Einzelmaßnahmen: 28

Tab. 18: KfW 264 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Kredit (Konditionen Stand 04/2023) 29

Tab. 19: Finanzierungsvarianten für KfW 264 29

Tab. 20: KfW 464 Bundesförderung für effiziente Gebäude: Kommunen – Zuschuss – Konditionen Stand 04/2023 30

Tab. 21: BEG-Förderung: Heizungsanlagen (Stand 05/2023) 31

Tab. 22: Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung 33

Tab. 23: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen 33

Tab. 24: jährl. mittl. Ausgaben und anfallende Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen mit Förderung 35