

Vorstellung der energetischen Betrachtung der Gebäude Turnhalle Wahrsow, Turnhalle Herrnburg und Bauhof/Jugendclub im Rahmen der BAFA-Energieberatung

| | |
|--|----------------------------|
| <i>Organisationseinheit:</i> Fachbereich IV | <i>Datum</i> 17.02.2022 |
| <i>Bearbeitung:</i> Christoph Kappel | |

Beratungsfolge

| <i>Datum</i> | <i>Gremium</i> | <i>Zuständigkeit</i> |
|--------------|--|----------------------|
| 01.03.2022 | Ausschuss für Gemeindeentwicklung, Bau, Verkehr und Umwelt der Gemeinde Lüdersdorf | Anhörung |

Sachverhalt

Im Rahmen der BAFA-Energieberatung für Kommunen und gemeinnützigen Organisationen nach den Richtlinien des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom November 2020 wurden im Auftrage der Gemeinde Lüdersdorf die Gebäude Turnhalle Wahrsow, Turnhalle Herrnburg und Bauhof/Jugendclub untersucht.

Das Projekt wurde unter Zusammenarbeit des Amtes Schönberger Land und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

Nach Untersuchungen an den Gebäuden wird der aktuelle Bestand dargestellt und mögliche Instandsetzungen oder Veränderungen in einem Sanierungsfahrplan erläutert.

Die Beratungsberichte werden durch Herrn Klaus Reiß von den energielenker projects GmbH aus Schwerin vorgestellt.

Anlage/n

| | |
|---|---|
| 2 | Bericht Sporthalle Herrnburg (öffentlich) |
| 3 | Sporthalle Wahrsow (öffentlich) |
| 1 | Bericht_Bauhof_Lüdersdorf (öffentlich) |

**Beratungsbericht zur energetischen Betrachtung
im Rahmen der BAFA-Energieberatung für Kommunen
und gemeinnützige Organisationen nach der Richtlinie
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie
vom Dezember 2019**



Objekt: *Sporthalle Herrnburg*
Gärtnereiweg 7
23923 Lüdersdorf

Energieberater: *M.Sc Klaus Reiß*

K. Reiß

Schwerin, 11.11.2021



Förderprojekt

Die Erstellung des Beratungsbericht zur energetischen Betrachtung ist im Rahmen der BAFA-Energieberatung für Kommunen und gemeinnützige Organisationen nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom Dezember 2019 gefördert worden.

Projektpartner

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit des Amtes Schönberger Land und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

Auftraggeber

Amt Schönberger Land
Fachbereich IV Bauen und Gemeindentwicklung
Am Markt 15
23923 Schönberg
Tel: +49 038828/330-1405
Ansprechpartner: Christoph Kappel

Auftragnehmer

energielenker projects GmbH
Zum Kirschenhof 62a
19057 Schwerin
Tel.: +49 385 303090-44
Ansprechpartner: Klaus Reiß



Lesehinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Bericht bei Personenbezeichnungen in der Regel die maskuline Form verwendet. Diese schließt jedoch gleichermaßen die feminine Form mit ein. Die Leserinnen und Leser werden dafür um Verständnis gebeten.



INHALT

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Einleitung & zusammenfassende Darstellung | 5 |
| 1.1 | Vorgehen..... | 5 |
| 1.2 | Empfohlene Sanierungsschritte..... | 5 |
| 1.3 | Tabellarische Gesamtübersicht | 6 |
| 1.4 | Endenergie- & Kosteneinsparung | 7 |
| 1.5 | Gesamteffizienz und Klimaschutz | 8 |
| 2 | Ausgangssituation | 9 |
| 2.1 | Zonierung..... | 10 |
| 2.2 | Verbrauch & Emissionen..... | 11 |
| 2.3 | Bedarfskennwerte..... | 14 |
| 2.4 | Energiebedarfe im Ist- und Referenzgebäude..... | 14 |
| 2.5 | Gebäudehülle | 17 |
| 2.6 | Anlagentechnik | 20 |
| 2.7 | Randbedingungen Ökonomie | 23 |
| 3 | Sanierungsvarianten | 25 |
| 3.1 | Übersicht Sanierungsvarianten..... | 25 |
| 3.2 | SV1: Außenwand sanieren | 26 |
| 3.3 | SV2: Dach sanieren..... | 28 |
| 3.4 | SV3: Fenster austauschen | 30 |
| 3.5 | SV4: Beleuchtung austauschen | 32 |
| 3.6 | SV5: Hydr. Abgleich..... | 34 |
| 3.7 | SV6: PV-Anlage | 36 |
| 3.8 | Vorschlag | 39 |
| 3.9 | BEG-Effizienzgebäude 100 | 41 |
| 4 | Fazit | 44 |
| 5 | Fördermittel | 46 |
| 5.1 | Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)..... | 46 |
| 5.2 | Die Kommunalrichtlinie | 48 |
| 5.3 | Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen | 50 |
| 5.4 | Bundesförderung Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN) | 52 |



| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 5.5 | Weitere Bundes-Förderprogramme..... | 53 |
| 6 | Anhang..... | 57 |
| 6.1 | Simulationsergebnisse..... | 57 |
| 6.2 | Bauteilliste..... | 61 |

1 EINLEITUNG & ZUSAMMENFASSEnde DARSTELLUNG

Der vorliegende Beratungsbericht befasst sich mit der Erstellung eines Sanierungsfahrplans im Rahmen der Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie für die Sporthalle Herrsburg der Gemeinde Lüdersdorf

Mit der Novelle des Klimaschutzgesetzes wurden die Klimaschutzziele im Mai 2021 verschärft. Über alle Sektoren hinweg sollen die CO₂-Emissionen im Vergleich zum Bezugsjahr 1990 um mindestens 65 % bis 2030 und um mindestens 88 % bis 2040 reduziert werden. Bis 2045 soll die Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden. Im Gebäudesektor sieht das Gesetz vor, dass die CO₂-Emissionen bundesweit von aktuell 118 Mio. t (2020) auf 67 Mio. t (2030) gesenkt werden müssen.

Der Gebäudesektor ist geprägt von den langen Nutzungszeiten der Gebäude und Bauteile (häufig mehr als 50 Jahre) und der Anlagentechnik (häufig ca. 20 Jahre). Vor diesem Hintergrund ist erkennbar, dass bereits jetzt das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045 eine wichtige Rolle bei der Sanierung von Gebäuden spielen muss. Dieses Ziel wurde in Absprache mit dem Amt Schönberger Land bei der Erstellung des Beratungsberichts berücksichtigt.

1.1 VORGEHEN

Für die Erstellung des Beratungsberichts erfolgte eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan. Anschließend wurde das Gebäude im Ist-Zustand simuliert. Die Simulation erfolgte - wenn nicht anders angegeben - anhand der Randbedingungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)¹ und der DIN V 18599.

Auf Basis der Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich

der Energiekosteneinsparung, des Energieverbrauchs- und der Emissionsreduzierung sowie der Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit betrachtet und beschrieben.

Hinweis

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten.

Die Berechnungen in diesem Bericht beziehen sich auf die energetischen Sanierungsmaßnahmen. Es handelt sich um einen energetischen Beratungsbericht mit Handlungsempfehlung, der keine Planungsleistung darstellt. Die vorliegenden Ergebnisse geben somit vor allem eine Indikation für die Vorteilhaftigkeit der Varianten wieder. Bei der Umsetzung der Maßnahmen müssen Fachplaner sowie statische Gutachter und erfahrene Bauphysiker miteinbezogen werden.

1.2 EMPFOHLENE SANIERUNGSSCHRITTE

Für das Gebäude werden die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen in genannter Reihenfolge empfohlen:

- ▶ PV-Anlage
- ▶ Beleuchtung austauschen
- ▶ Hydr. Abgleich
- ▶ Außenwand sanieren
- ▶ Fenster austauschen
- ▶ Dach sanieren

Die aufgeführten Maßnahmen können durch die Bundesförderung für effiziente Gebäude gefördert werden. Details zur Förderung sind den detaillierten Beschreibungen der Sanierungsvarianten in Abschnitt 3 zu entnehmen.

¹ Zu finden unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>



1.3 TABELLARISCHE GESAMTÜBERSICHT

In Tabelle 1-1 sind als wesentliche Merkmale der verschiedenen Sanierungsvarianten die ermittelten Investitionskosten, die zu erwartende Amortisationszeit sowie die möglichen Einsparungen von CO₂-Emissionen, Energiekosten und der Endenergie aufgeführt. Eine detaillierte Beschreibung sowie die vollständigen

Berechnungsergebnisse sind in Abschnitt 3 sowie im Anhang zu finden.

Die dargestellte Amortisationszeit bezieht sich auf die energetischen Mehrkosten und berücksichtigen keine Fördermittel. Mögliche Förderungen und sich daraus ergebende Amortisationszeiten können den detaillierten Beschreibungen der Sanierungsvarianten in Abschnitt 3 entnommen werden.

Tabelle 1-1: Darstellung des berechneten Ausgangsfalls sowie der geschätzten Investitionskosten, berechneten Amortisationszeiten und der Einsparungen von CO₂-Emissionen, Energiekosten und Endenergie in den Sanierungsmaßnahmen

| | | | CO ₂ - Emissionen [kg/a] | Energiekosten [€/a] | Endenergie [kWh/a] |
|------------------------------|--|----------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Ausgangsfall | | | 23.131 | 7.100 | 92.973 |
| Maßnahmen | Energetische Mehrkosten ² [€] | Amortisation ³ [a] | CO ₂ - Einsparung [kg/a] | Einsparung Energiekosten [€/a] | Einsparung Endenergie [kWh/a] |
| SV1: Außenwand sanieren | 131.455 | -- | 529 (2,3%) | 140 | 2.381 (2,6%) |
| SV2: Dach sanieren | 73.270 | -- | 223 (1,0%) | 60 | 1.005 (1,1%) |
| SV3: Fenster austauschen | 28.267 | 33 | 1.345 (5,8%) | 354 | 6.086 (6,5%) |
| SV4: Beleuchtung austauschen | 8.615 | 17 | 524 (2,3%) | 339 | 52 (0,1%) |
| SV5: Hydr. Abgleich | 3.350 | -- | 282 (1,2%) | 78 | 1.236 (1,3%) |
| SV6: PV-Anlage | 38.571 | 10 | 6.508 (28,1%) | 3.325 | 10.797 (11,6%) |
| Vorschlag | 50.536 | 12 | 7.599 (32,9%) | 3.810 | 13.453 (14,5%) |
| KfW-100 Standard | 283.528 | 40 | 13.220 (57,2%) | 4.347 | 22.611 (24,3%) |

² Es handelt sich um die energetisch bedingten Mehrkosten. Diese sind niedriger als die gesamten Investitionskosten, da die Sowieso-Kosten (z.B. Instandhaltungskosten) abgezogen werden.

³ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten und ohne Ansatz einer Förderung.



1.4 ENDEENERGIE- & KOSTENEINSPARUNG

Nachfolgend werden der berechnete Endenergiebedarf im Ausgangsfall und die verringerten Bedarfe nach der Maßnahmenumsetzung dargestellt, welche durch die untersuchten Sanierungsvarianten am Gebäude und der

Anlagentechnik erwartet werden können (Abbildung 1-1).

Zusätzlich sind die prognostizierten Energiekosten bzw. die Energiekosteneinsparungen aufgeführt (Abbildung 1-2).

Maßnahmen, die eine PV-Anlage beinhalten, beziehen sich auf die berechneten Bedarfe.

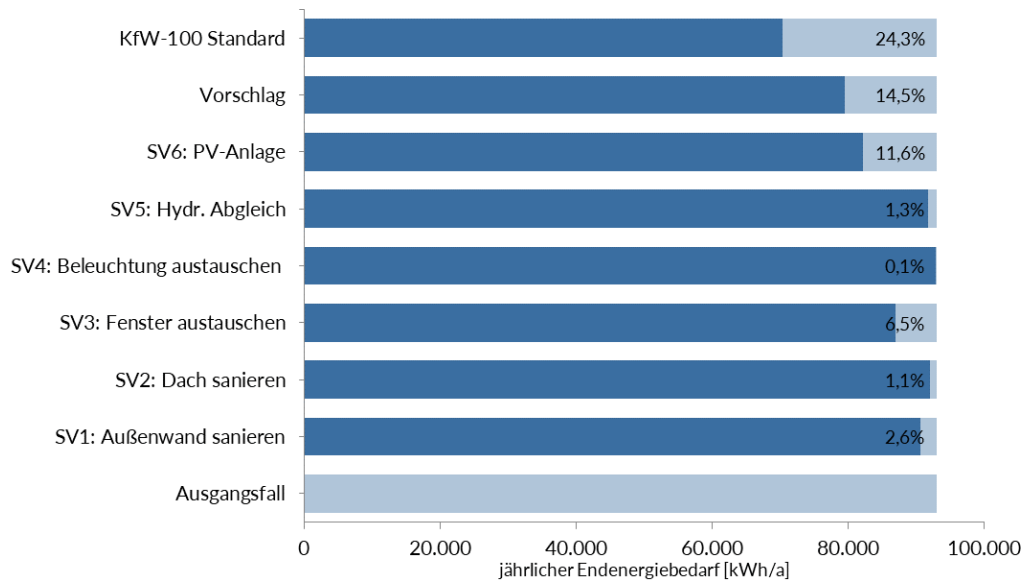


Abbildung 1-1: Endenergiebedarf und Einsparungen Endenergie im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kWh/a]

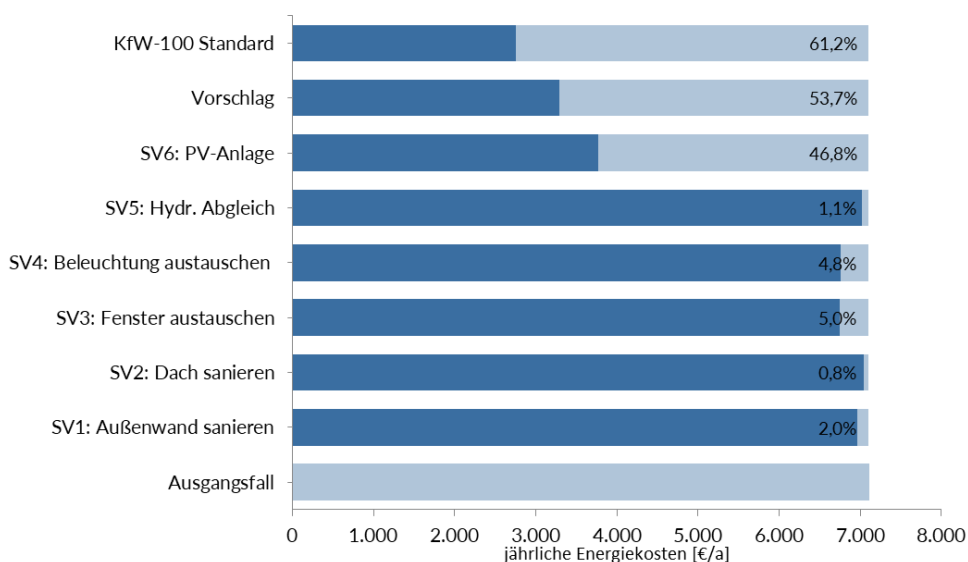


Abbildung 1-2: Energiekosten und Energiekosteneinsparungen im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [€/a]

1.5 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

Wie in der Einleitung dieses Berichtes bereits umrissen wurde, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO₂-Emissionen und Primärenergie.

Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn ein möglichst großer Anteil fossiler

Energieträger eingespart wird. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO₂-Ausstoß. Neben der CO₂-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO_x, SO₂ und Staub belastet.

In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie (Abbildung 1-3) und CO₂-Emissionen (Abbildung 1-4) nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt.

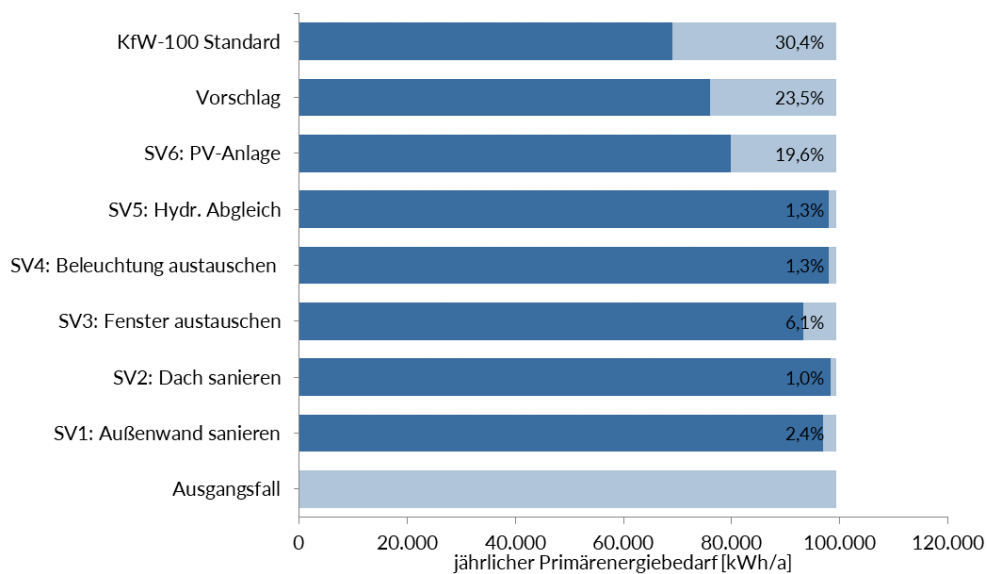


Abbildung 1-3: Primärenergiebedarf und Einsparung Primärenergiebedarf im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kWh/a]

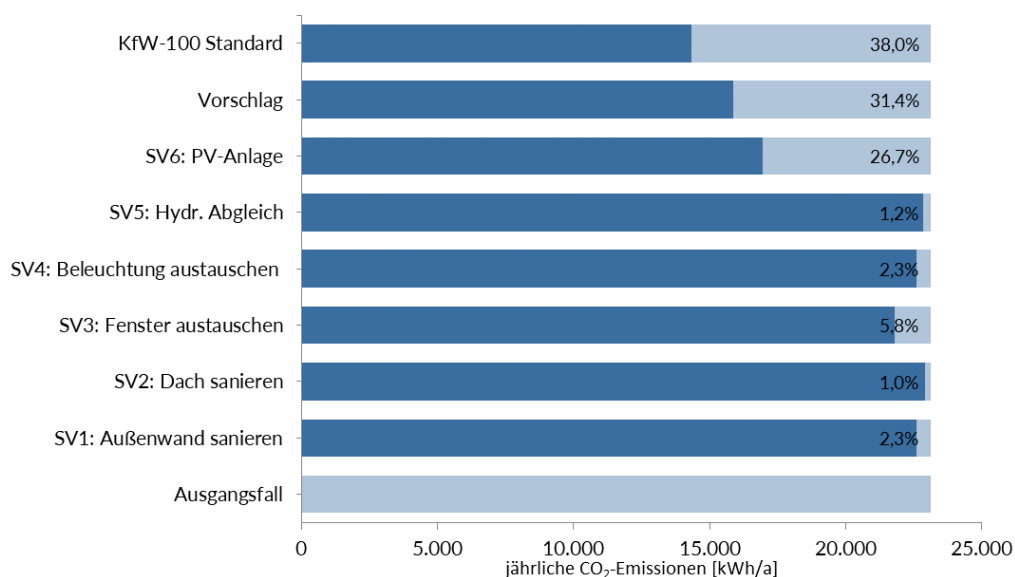


Abbildung 1-4: CO₂-Emissionen und Einsparungen CO₂-Emissionen im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kg/a]

2 AUSGANGSSITUATION

Abbildung 2-1 zeigt ein Luftbild des untersuchten Gebäudes. Es handelt sich dabei um die Sporthalle der anliegenden Schule „Grundschul- teil der Regionalen Schule mit Grundschule Lüdersdorf inkl. Hort“ Das Gebäude besteht aus der großen Turnhalle (Baujahr 1997) welche direkt mit den Räumen der Schule im Norden und Westen verbunden ist.

Um die Sporthalle befinden sich auf 2 Etagen Umkleide-, Sanitär- und weitere Lagerräume.

Das Gebäude wird täglich zwischen 08:00 und 21:30 von der anliegenden Schule sowie von Sportvereinen genutzt.

Es wird über einen Gas-Brennwertkessel aus dem Jahr 2009 und einer Solarthermieanlage auf dem Dach zur Unterstützung beheizt. Beide Anlagen dienen neben der Beheizung auch für die Bereitstellung von Trinkwarmwasser für die Schule und die Sporthalle.

Die wichtigsten Gebäudedaten werden nachfolgend in

Tabelle 2-1 dargestellt.



Abbildung 2-1: Luftbild des Gebäudes⁴

⁴ Von maps.google.de

Tabelle 2-1: Grundsätzliche Informationen zu dem untersuchten Gebäude

| Grunddaten | |
|---|------------|
| Gebäudetyp | Sporthalle |
| Baujahr | 1997 |
| Baujahr des Wärmeerzeugers | 2009 |
| Gebäudevolumen netto [m ³] | 3287,3 |
| Gebäudenutzfläche [A _{NGF}] [m ²] | 751,05 |
| Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m ²] | 1046,8 |
| Anzahl der Geschosse | 2 |

Anmerkung: Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.

2.1 ZONIERUNG

Für die Berechnung des Energiebedarfs in Anlehnung an die DIN 18599 wurde das Gebäude aufgrund der Nutzungen und der Konditionierung in die in

Tabelle 2-1 dargestellten Zonen unterteilt. Abbildung 2-2 zeigt den zonierten Grundriss des Gebäudes. Entsprechend der dargestellten Zonierung wurde das untersuchte Gebäude simuliert.

Tabelle 2-2: Zonierung, zugehörige Profile und Flächenanteile des untersuchten Gebäudes

| Zone | Nutzungsprofil ⁵ | Konditionierung | | | | | Nettogrundfläche | |
|--------|-----------------------------|-----------------|------------|-------------|-----|---------|-------------------|------|
| | | Beheizt | Warmwasser | Beleuchtung | RLT | Kühlung | [m ²] | [%] |
| Zone 1 | Verkehrsflächen(19) | X | | X | | | 64,6 | 8,6 |
| Zone 2 | Turnhalle(31) | X | | X | | | 407,6 | 54,3 |
| Zone 3 | Sanitärräume (16) | X | X | X | X | | 34,0 | 4,5 |
| Zone 4 | Lager/Technik/Archiv (20) | X | | X | | | 172,1 | 22,9 |
| Zone 5 | Nebenflächen (18) | X | | X | | | 72,9 | 9,7 |

⁵ Bezeichnung der Zone und Nummer des verwendeten Nutzungsprofils nach DIN 18599-10

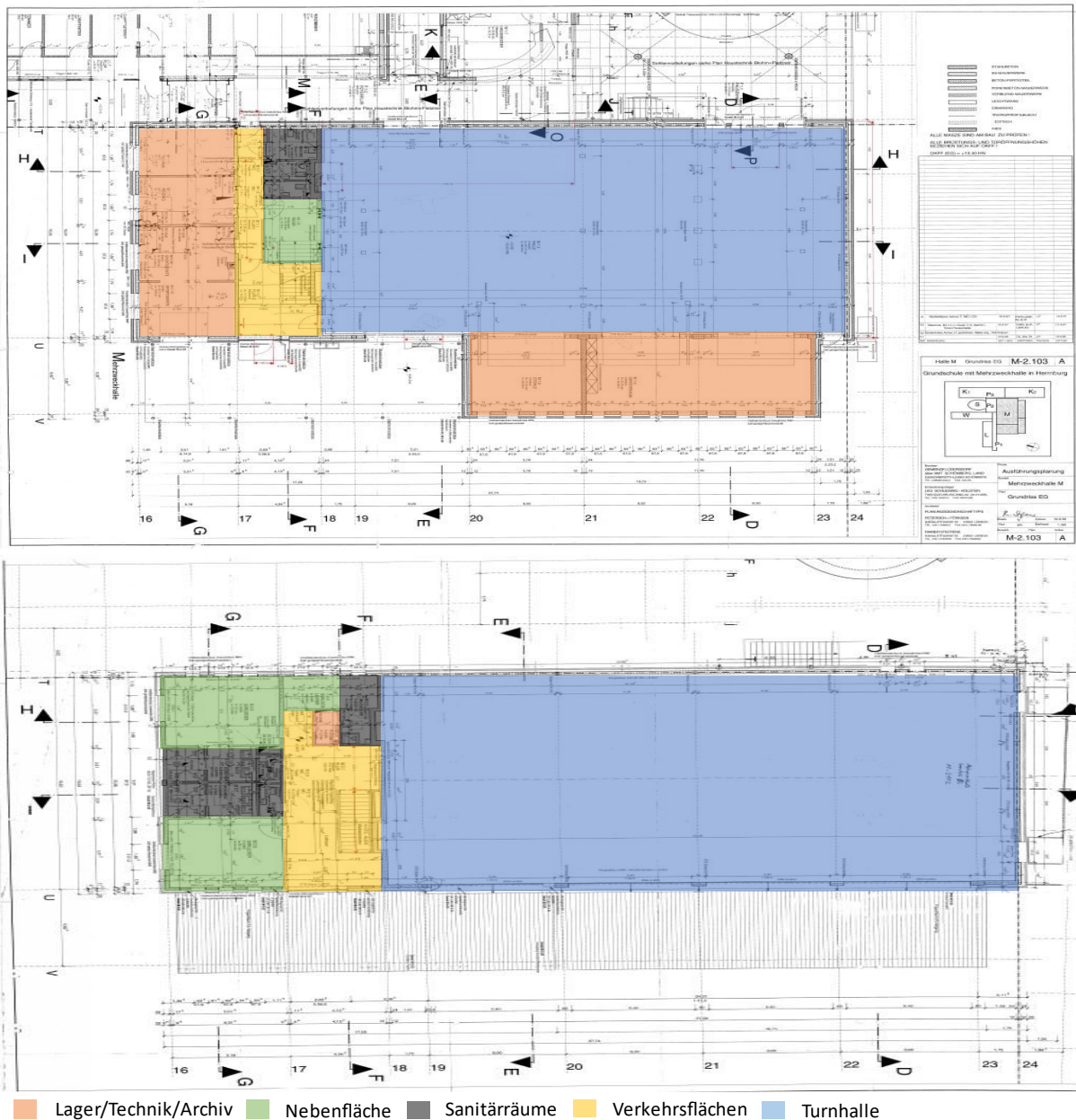


Abbildung 2-2: Zonierter Grundriss des untersuchten Gebäudes

2.2 VERBRAUCH & EMISSIONEN

Nachfolgend werden die realen Energieverbräuche des Gebäudes bzw. der Liegenschaft dargestellt und anschließend mit Verbrauchskennwerten verglichen, um eine Einordnung der Verbräuche vornehmen zu können.

2.2.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

Die Energieverbräuche (Wärme, Strom) einschließlich Wasserverbrauch des Gebäudes

beinhalten auch die Verbräuche der anliegenden Schule.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Schule ist und die ingenieurtechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.



Der Energieverbrauch wird entscheidend durch das Nutzerverhalten bestimmt. Die wesentlichen Einflussfaktoren dabei sind:

- ▶ das Lüftungsverhalten
- ▶ die Raumlufttemperatur
- ▶ die tägliche Betriebsdauer der Heizung

- ▶ interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl, ...)
- ▶ der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre 2017 bis 2019 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen (vgl. Tabelle 2-3).⁶ Abbildung 2-3 stellt die Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft dar.

Tabelle 2-3: Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

| Jahr | Heizung (Erdgas) [kWh/a] | Klimafaktor ⁷ [-] | klimabereinigter Verbrauch [kWh/a] | Strom [kWh/a] | Gesamtenergieverbrauch [kWh/a] | Wasser [m ³ /a] |
|-------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------------|
| 2017 | 212.000 | 1,09 | 231.080 | 36.520 | 267.600 | 800 |
| 2018 | 230.000 | 1,09 | 250.700 | 35.000 | 285.700 | 352 |
| 2019 | 200.040 | 1,11 | 222.044 | 37.080 | 259.124 | 623 |
| Mittelwert: | 214.013 | | 234.608 | 36.200 | 270.808 | 592 |

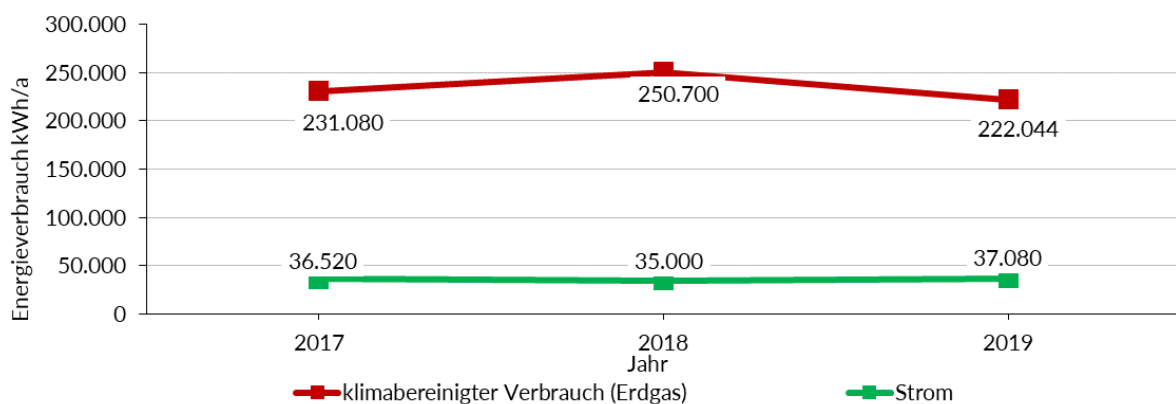


Abbildung 2-3: Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

⁶ Die Verbrauchswerte von 2020 bieten aufgrund der langen Schließungen, des eingeschränkten Betriebs sowie des abweichenden Lüftungsverhaltens während der Covid-19-Pandemie ggf. keine geeignete Vergleichsgrundlage für den Normalbetrieb des Gebäudes

⁷ Der Einfluss der Witterung und des Klimas auf den Energieverbrauch wird mittels des Klimafaktors erfasst, der sowohl die Temperaturverhältnisse während eines Berechnungszeitraumes als auch die klimatischen Verhältnisse in Deutschland berücksichtigt. Durch die Anwendung des Klimafaktors können die Energieverbrauchskennwerte verschiedener Berechnungszeiträume und von Gebäuden in verschiedenen klimatischen Regionen Deutschlands (überschlägig) verglichen werden. In dieser Berechnung wurden die Klimafaktoren, entsprechend des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für den Gebäudestandort benutzt. Die Witterungsbereinigung erfolgt durch Multiplikation des gemessenen Jahres-Heizenergieverbrauchs mit dem entsprechenden Klimafaktor.

2.2.2 Verbrauchskennwerte

Da Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse wenig aussagekräftig sind, werden diese nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für

Strom und Wärme werden nachfolgend abgebildet (Tabelle 2-4). Die Energieverbrauchskennwerte können dann mit Kennwerten der entsprechenden Gebäudekategorie verglichen werden, um die Verbräuche besser einordnen zu können. Abbildung 2-4 stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom und Wärme dar.

Tabelle 2-4: Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben

| Energieverbrauchskennwerte nach BWZK ⁸ | | |
|---|----------------|--------------|
| in [kWh/m ² NGFa] | | |
| Sporthallen | Vergleichswert | Ist-Kennwert |
| Energieträger | | |
| Strom | 35 | 48 |
| Wärme | 120 | 312 |

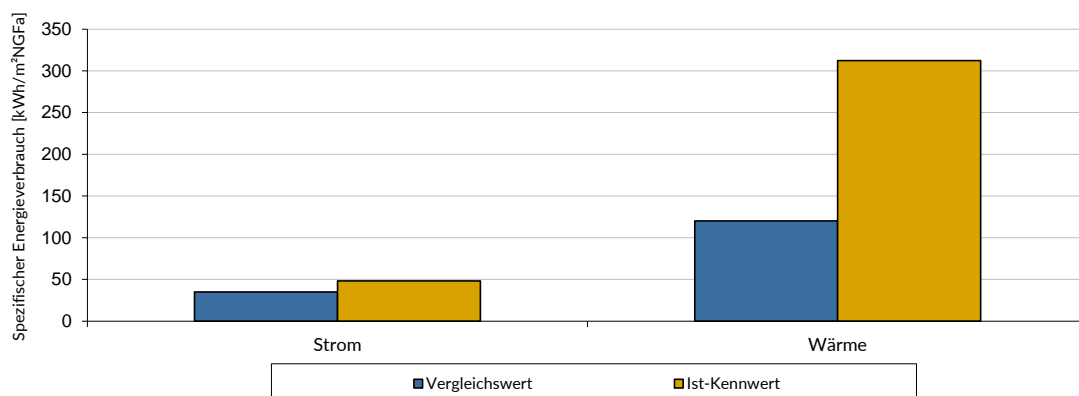


Abbildung 2-4: Vergleichs- und Ist-Kennwert des spezifischen Energieverbrauchs

2.2.3 CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen des Gebäudes (Sporthalle und Schulgebäude) werden durch Multiplikation der energieträgerabhängigen Verbräuche mit den entsprechenden CO₂-Emissionsfaktoren berechnet. Für die emissionstechnische

Bewertung der Energieverbräuche werden die CO₂-Faktoren nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) verwendet. Es wurden die jährlichen Emissionen auf Grundlage des durchschnittlichen Energieverbrauchs der Jahre 2017 bis 2019 errechnet (Tabelle 2-5).

⁸ Vergleichswerte sind ermittelte Kennwerte aus der Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand des BMWi und BMU, Berlin (Werte vom 7. April 2015)

Tabelle 2-5: CO₂-Emissionen bezogen auf den durchschnittlichen Energieverbrauch (2017-2019)

| Energieträger | CO ₂ -Emissionsfaktor [g/kWh] | Energieverbrauch [kWh/a] | CO ₂ -Emissionen [kg/a] |
|---------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| Erdgas | 240 | 214.013 | 51.363 |
| Strom (netzbezogen) | 560 | 36.200 | 20.272 |
| Summe: | | 250.213 | 71.635 |

2.3 BEDARFSKENNWERTE

Die realen Verbräuche werden mit den berechneten Energiebedarfen abgeglichen. Wo die ermittelten Energiebedarfskennzahlen den tatsächlichen Verbrauch abbilden und bewertbar machen, erfolgt die ingenieurtechnische Berechnung und Analyse des Gebäudes sowie die Erarbeitung und Bewertung von Sanierungsmaßnahmen und deren Effekten basierend auf der theoretischen Berechnung nach DIN 18599.

Da sich die Berechnungen auf genormte Nutzungsprofile stützen, weichen die errechneten Bedarfswerte in der Regel von den gemessenen Energieverbräuchen ab. Dies ist bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Die berechneten Energiebedarfskennwerte sind in Tabelle 2-6 aufgeführt.

Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes.

Tabelle 2-6: Berechnete Energiebedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

| Energiebedarfskennwerte in [kWh/(m ² _{NGF} *a)] | |
|---|---------------|
| spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m ² a] | 104,36 |
| spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m ² a] | 10,15 |
| spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m ² a] | 0 |
| Beleuchtungsstrom | 9,28 |
| Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser) | 114,51 |

2.4 ENERGIEBEDARFE IM IST- UND REFERENZGEBÄUDE

Die ermittelten Bedarfe für Nutz-, End- und Primärenergie ergeben sich aus der energetischen Gebäudesimulation und stellen den simulierten Ist-Zustand des Gebäudes nach dem Bedarfsverbrauchs-Abgleich dar. Sie werden den jeweiligen Ergebnissen des Referenzgebäudes gegenübergestellt. Das Referenzgebäude ist ein simuliertes theoretisches Gebäude mit gleicher Geometrie, Nutzfläche, Ausrichtung und Nutzung wie das vorhandene Gebäude, dessen technische Ausführung der Bauteilaufbauten und

Anlagentechnik jedoch fest im GEG definiert ist. Das Referenzgebäude gibt somit einen Vergleichswert für das vorhandene Gebäude mit einem vorgegebenen Standard wieder, der den aktuellen Stand der Technik repräsentieren soll.

2.4.1 Nutzenergiebedarf im Ist- & Referenzgebäude

Die Nutzenergie ist nach DIN 18599-1 definiert als der Oberbegriff für den Nutzwärmebedarf, Nutzkältebedarf, Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser, Beleuchtung, und Befeuchtung. Der Heizwärmebedarf gibt den rechnerisch

ermittelten Wärmebedarf, der zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone während der Heizperiode nötig ist, an. Der rechnerisch ermittelte Kühlbedarf gibt im Fall einer vorhandenen Einrichtung zur Kühlung des Gebäudes die Energie wieder, die zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone benötigt wird, wenn die Wärmequellen eine zu hohe Energiemenge anbieten. Der Nutzenergiebedarf der Beleuchtung gibt den ermittelten Energiebedarf

wieder, um das Gebäude mit der in der in den jeweiligen Nutzungsprofilen festgelegten Beleuchtungsqualität zu beleuchten. Und der Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser stellt den ermittelten Energiebedarf dar, um die Gebäudezonen mit den festgelegten Mengen Warmwasser der entsprechenden Zulauftemperatur zu versorgen.

Die jeweiligen berechneten Nutzenergiebedarfe des Gebäudes und des Referenzgebäudes sind in Tabelle 2-7 und Abbildung 2-5 dargestellt.

Tabelle 2-7: Vergleich des Nutzenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

| Jährlicher Nutzenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Heizung | 72,19 | 54.217,90 | 51,34 | 38.561,19 |
| Trinkwarmwasser | 26,96 | 20.250,00 | 26,96 | 20.250,00 |
| Beleuchtung | 5,58 | 4.188,60 | 0,96 | 720,69 |
| Gesamt | 104,73 | 78.656,50 | 79,26 | 59.531,88 |

Anteile der Nutzenergiebedarfe



Abbildung 2-5: Verteilung des Nutzenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

2.4.2 Endenergiebedarf im Ist- & Referenzgebäude

Der Endenergiebedarf stellt die berechnete Energiemenge dar, die der Anlagentechnik zur Verfügung gestellt wird, um die festgelegten Randbedingungen im Bereich Heizung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasser im Gebäude über das ganze Jahr sicherzustellen. Die

Endenergie beinhaltet die für den Betrieb der Anlagentechnik benötigte Hilfsenergie sowie Verluste durch die Erzeugung, Speicherung und Verteilung. Nach DIN 18599-1 wird die Endenergie an der „Schnittstelle“ Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die der Verbraucher für eine bestimmungsgemäße Nutzung unter normativen

Randbedingungen benötigt. Die Endenergie wird brennwertbezogen angegeben.

Die jeweiligen berechneten Endenergiebedarfe des Gebäudes und des Referenzgebäudes sind in Tabelle 2-8 und Abbildung 2-6 dargestellt.

Tabelle 2-8: Vergleich des Endenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

| Jährlicher Endenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|-----------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Heizung | 104,36 | 78.379,30 | 70,58 | 53.009,29 |
| Trinkwarmwasser | 10,15 | 7.624,30 | 14,38 | 10.797,68 |
| Beleuchtung | 9,28 | 6.969,60 | 10,77 | 8.091,52 |
| Gesamt | 123,79 | 92.973,20 | 95,73 | 71.898,49 |

Anteile der Endenergiebedarfe



Abbildung 2-6: Verteilung des Endenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

2.4.3 Primärenergiebedarf im Ist- & Referenzgebäude

Der Primärenergiebedarf berücksichtigt die vorgelagerte Prozesskette der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweiligen Energieträger außerhalb der Gebäudehülle. Er ergibt sich aus der Multiplikation der energieträgerbezogenen Endenergie mit den entsprechenden

Primärenergiefaktoren nach GEG. Die Primärenergie wird heizwertbezogen angegeben.

Die jeweiligen berechneten Primärenergiebedarfe des Gebäudes und des Referenzgebäudes sind in Tabelle 2-9 und in Abbildung 2-7 dargestellt.

Tabelle 2-9: Vergleich des Primärenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

| Jährlicher Primärenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Heizung | 104,90 | 78.786,60 | 70,72 | 53.114,63 |

| Jährlicher Primärenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Trinkwarmwasser | 10,56 | 7.931,10 | 14,69 | 11.033,35 |
| Beleuchtung | 16,70 | 12.545,30 | 19,39 | 14.564,73 |
| Gesamt | 132,17 | 99.263,00 | 104,80 | 78.712,71 |

Anteile der Primärenergiebedarfe



Abbildung 2-7: Verteilung des Primärenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

2.5 GEBÄUDEHÜLLE

Tabelle 2-10 zeigt die in der Gebäudesimulation verwendeten Konstruktionen der einzelnen Bauteile. Diese beruhen so weit wie möglich auf den vorhandenen Plänen, Erkenntnissen der Gebäudebegehung sowie auf Aussagen der Auftraggeber und Verantwortlichen vor Ort. Konnten keine detaillierten Erkenntnisse über einen Bauteilaufbau gewonnen werden, wurden typische Bauteilaufbauten und Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) des Baujahrs aus Literaturangaben genutzt und/oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.⁹

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Eine detaillierte Auflistung ist dem Anhang zu entnehmen.

Um die energetische Qualität der vorhandenen Bauteile beurteilen zu können, werden zusätzlich die aktuellen Mindestanforderungen für die Änderung von Außenbauteilen (Ersatz oder erstmaliger Einbau) nach dem Gebäudeenergiegesetz angegeben. Diese müssen eingehalten werden, sobald wenigstens 10% der entsprechenden Bauteilfläche verändert werden. Die Anforderungen sind abhängig von der Innentemperatur der betrachteten Bereiche. Die Anforderungen an die wärmeübertragende Hüllfläche von niedrigbeheizten Zonen sind geringer als bei Raumtemperaturen von mehr als 19 °C.

⁹ „U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie



Tabelle 2-10: Bauteilaufbauten und angesetzte Wärmedurchgangskoeffizienten des untersuchten Gebäudes ($U_{\text{vorhanden}}$) sowie die aktuellen Anforderungen des GEGs (U_{max}) für die Änderung von Bauteilen

| Bauteil | Konstruktion | $U_{\text{vorh.}}$ | U_{max} | |
|----------------------------|---|--------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | | $T \geq 19^\circ\text{C}$ | $12 < T < 19^\circ\text{C}$ |
| [W/(m ² K)] | | | | |
| Bodenplatte | Betonplatte gedämmt | 0,27 | 0,30 | ohne |
| Turnhallenboden | Betonplatte gedämmt mit Springboden | 0,30 | 0,30 | ohne |
| Außenwand südl. | Stahlbetonkonstruktion gedämmt | 0,28 | 0,24 | ohne |
| Außenwand westl. | Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung | 0,28 | 0,24 | 0,35 |
| Dachfläche Turnhalle | Leichtbau mit Kiesschüttung und 20 cm Dämmung | 0,15 | 0,24 | ohne |
| Dachfläche andere Bereiche | Stahlbeton und 21 cm Dämmung | 0,16 | 0,24 | 0,35 |
| Fenster | 2-Scheiben Isolierverglasung 2009 | 1,3 | 1,3 ¹⁰ | 1,9 ¹⁰ |
| | 2-Scheiben Isolierverglasung 2004 | 1,9 | | |

2.5.1 Anforderungen BEG Einzelmaßnahmen

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) legt für eine Förderung von Einzelmaßnahmen (EM) an der Gebäudehülle verschärfte Anforderungen an die maximale Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) fest. Wie auch im

GEG werden die Anforderungen entsprechend der Innenraumtemperatur unterschieden. Tabelle 2-11 zeigt die gültigen Anforderungen für wärmeübertragende Außenflächen (Zusammenfassung). Details zur Förderung können Abschnitt 5 entnommen werden.

Tabelle 2-11: Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Einzelmaßnahmen bei Nichtwohngebäuden

| Bauteilgruppe | Bauteil | Maximaler U-Wert | |
|------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|
| | | $T \geq 19^\circ\text{C}$ | $T < 19^\circ\text{C}$ |
| [W/(m ² K)] | | | |
| Wände | Außenwand | 0,20 | 0,25 |
| | Alternativ: Kerndämmung bei zweischaligem Mauerwerk | $\lambda \leq 0,035$ W/(mK) | $\lambda \leq 0,040$ W/(mK) |
| | Außenwände von Baudenkmälern | 0,45 | 0,55 |
| | Außenwände bei Schichtfachwerk | 0,65 | 0,80 |
| | Wandflächen gegen Erdreich/unbeheizte Räume | 0,25 | 0,25 |
| Dachflächen | Dächer (ohne Glasdächer) | 0,14 | 0,25 |
| | Alternativ bei Baudenkmälern: höchstmögliche Dämmschichtdicke | $\lambda \leq 0,040$ W/(mK) | $\lambda \leq 0,040$ W/(mK) |
| | Oberste Geschossdecke | 0,14 | 0,25 |

¹⁰ Die angegebenen Anforderungswerte des GEG beziehen sich auf den Ersatz oder erstmaligen Einbau des gesamten Fensters. Für Dachflächenfenster, Glasdächer, Vorhangfassaden, Fenstertüren und Außentüren gelten andere Grenzwerte. Wird lediglich die Verglasung getauscht sind ebenfalls andere Anforderungen einzuhalten.

| Bauteilgruppe | Bauteil | Maximaler U-Wert | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|--|---|------|
| | | $T \geq 19 \text{ °C}$ [W/(m ² K)] | $T < 19 \text{ °C}$ [W/(m ² K)] | |
| Geschossdecken und Bodenflächen | Decken zu unbeheizten Räumen | 0,25 | 0,25 | |
| | Geschossdecken gegen Außenluft | 0,20 | 0,25 | |
| | Bodenflächen gegen Erdreich | 0,25 | 0,25 | |
| Transparente Bauteile (U_w) | Fenster, Fenstertüren: | a) Austausch | 0,95 | 1,30 |
| | | b) Ertüchtigung | 1,30 | 1,60 |
| | Barrierearme Fenster und Fenstertüren | 1,10 | 1,40 | |
| | Fenster mit Sonderverglasung | 1,10 | 1,40 | |
| | Fenster an Baudenkmälern | a) Austausch | 1,40 | 1,70 |
| | | b) Ertüchtigung | 1,60 | 1,90 |
| | Glasdächer | 1,60 | 1,90 | |
| | Lichtbänder- und Lichtkuppeln | 1,50 | 1,90 | |
| | Vorhangsfassade (U_{cw}) | Vorhangfassaden ¹¹ | 1,30 | 1,60 |
| Türen (U_D) | Außentüren | 1,30 | 2,00 | |
| Tore | Außentore | 1,00 | 2,00 | |

2.5.2 Anforderungen BEG Effizienzgebäude

Die nachfolgenden Tabellen stellen die technischen Mindestanforderungen zum Programm Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) für Nichtwohngebäude (NWG) dar.¹² Details zur Förderung können Abschnitt 5 entnommen werden.

Der Jahres-Primärenergiebedarf (Q_P) eines Effizienzgebäudes darf im Verhältnis zum Jahres-Primärenergiebedarf des entsprechenden Referenzgebäudes ($Q_{P,REF}$) den in Tabelle 2-12 angegebenen prozentualen Maximalwert des geförderten Effizienzgebäude-Standards nicht überschreiten.

Tabelle 2-12: Prozentuale Anforderungen an den Jahres Primärenergiebedarf

| Effizienzgebäude (EG) | EG 40 | EG 55 | EG 70 | EG 100 | Denkmal |
|----------------------------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Q_P in % von $Q_{P,REF}$ | 40 % | 55 % | 70 % | 100 % | 160 % |

Für Zonen, die mit einer Raum-Solltemperatur $T \geq 19 \text{ °C}$ beheizt werden, darf der über diese Zonen gemittelte Wärmedurchgangskoeffizient für die opaken Außenbauteile (\bar{U}_{opak}), die transparenten Außenbauteile ($\bar{U}_{transparent}$) und

Vorhangfassaden ($\bar{U}_{Vorhang}$) sowie für Glasdächer/Lichtbänder und Lichtkuppeln (\bar{U}_{Licht}) die in Tabelle 2-13 aufgeführten Werte nicht überschreiten.

¹¹ Vorhangfassaden, deren Bauart in DIN EN 13947: 2007-07 beschrieben ist

¹² Zu finden auf <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebaeude-beg.html>

Tabelle 2-13: BEG-Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten

| BEG-Effizienzgebäude ($T \geq 19 \text{ °C}$) | EG 40 [W/(m ² K)] | EG 55 [W/(m ² K)] | EG 70 [W/(m ² K)] | EG 100 [W/(m ² K)] | Denkmal [W/(m ² K)] |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| \bar{U}_{opak} | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,34 | - |
| $\bar{U}_{\text{transparent, Vorhang}}$ | 1,00 | 1,20 | 1,40 | 1,80 | - |
| \bar{U}_{Licht} | 1,60 | 2,00 | 2,40 | 3,00 | - |

Für Zonen, die mit einer Raum-Solltemperatur von mindestens 12 °C bis maximal 19 °C beheizt werden, darf der über diese Zonen gemittelte

Wärmedurchgangskoeffizient für die wärmeübertragenden Außenbauteile die in Tabelle 2-14 aufgeführten Werte nicht überschreiten.

Tabelle 2-14: BEG-Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten bei niedrigbeheizten Räumen

| BEG-Effizienzgebäude ($T < 19 \text{ °C}$) | EG 40 [W/(m ² K)] | EG 55 [W/(m ² K)] | EG 70 [W/(m ² K)] | EG 100 [W/(m ² K)] | Denkmal [W/(m ² K)] |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| \bar{U}_{opak} | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,40 | - |
| $\bar{U}_{\text{transparent, Vorhang}}$ | 1,30 | 1,50 | 1,70 | 2,20 | - |
| \bar{U}_{Licht} | 2,00 | 2,50 | 2,80 | 3,60 | - |

2.5.3 Wärmebrücken

Bei Wärmebrücken handelt es sich um örtlich begrenzte Unregelmäßigkeiten in der Gebäudehülle, an denen ein erhöhter Wärmestrom im Vergleich zu den umgebenden Bereichen (Regelbereiche) auftritt. Wärmebrücken können geometrisch bedingt (z.B. Gebäudeecken), stoff- oder materialbedingt (z.B. Stahlbetonstütze in einer Mauerwerkswand) sowie konstruktiv bedingt sein (z.B. Heizkörpernischen). Wärmebrücken können punktförmig (z.B. Verankerung einer Wärmedämmung) oder Linienförmig (z.B. Anschluss einer Geschossdecke) auftreten. Je besser die energetische Qualität der Gebäudehülle ist, desto größer werden die prozentualen Anteile der Wärmeverluste durch die Wärmebrücken. Liegen sie bei nicht modernisierten Bestandsgebäuden bei weniger als 3 bis 5%, können sie bei Gebäuden nach EnEV-Standard 10 bis 15% der Transmissionswärmeverlusten im Regelbereich ausmachen.¹³ Somit wird die

Bewertung der Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

Bei Bestandsgebäuden können Wärmebrücken außerdem durch Schäden an Bauteilen (z.B. Beschädigung der Dämmung) oder durch ungünstige Ausführungen vergangener Sanierungsmaßnahmen auftreten.

Am Gebäude konnten augenscheinlich keine ungewöhnlichen Wärmebrücken zum Beispiel aufgrund einer fehlenden Dämmung oder sanierungsbedürftiger Bauteile festgestellt werden.

In der Simulation wurden die Wärmebrücken pauschal durch den Wärmebrückenkorrekturfaktor berücksichtigt.

2.6 ANLAGENTECHNIK

Im Folgenden wird die vorhandene Anlagentechnik und die Beleuchtung des Gebäudes beschrieben. Unbekannte Werte und

¹³ Lohmeyer; Praktisch Bauphysik (2019)



Anlagendetails wurden in der Simulation berechnet bzw. als Standardwert angenommen.

2.6.1 Heizung

Das betrachtete Gebäude wird durch einen Gas-Brennwertkessel, welcher im unbeheizten Technikraum untergebracht ist, mit Wärme versorgt. Zusätzlich ist eine Solarthermieanlage auf dem Dach des Gebäudes installiert, welche einen 800l Speicher speist. Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im

Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

Die Heizungsanlage entspricht dem heutigen Stand der Technik und hat ihre Lebensdauer nicht überschritten. Eine Sanierung der Heizungsanlage ist deshalb aktuell nicht notwendig.

Ein hydraulischer Abgleich ist nicht durchgeführt worden.

Details zur simulierten Wärmeversorgung und dem Wärmespeicher können Tabelle 2-15 und Tabelle 2-16 entnommen werden.

Tabelle 2-15: Kennwerte der simulierten Wärmeversorgung

| | |
|------------------------------|--|
| Erzeuger | Gas-Brennwert-Kessel (Buderus Loganoplus GB 312) |
| Baujahr | 2009 |
| Art des Erzeugers | Brennwertkessel |
| Umgebung | Standardrandbedingungen unbeheizt |
| Energieträger | Erdgas H |
| Vor-/Rücklauftemperatur [°C] | 70/55 |
| Kessel-Nennleistung [kW] | 200 |

Tabelle 2-16: Kennwerte des simulierten Wärmespeichers

| | |
|---|-----------------------------------|
| Baujahr | 2009 |
| Aufstellung des Speichers | stehend |
| Umgebung | Standardrandbedingungen unbeheizt |
| Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C] | 13,0 |
| separate Umwälzpumpe | ja |
| Speicher-Nenninhalt [l] | 800,0 |
| Bereitschafts-Wärmeverlust [kWh/d] | 3,20 (Standardwert) |
| Nennleistungsaufnahme der Pumpe [W] | 62,5 (Standardwert) |

2.6.2 Warmwasser

Die Sanitärräume werden mit Warmwasser versorgt. Die Warmwasserbereitung erfolgt im untersuchten Gebäude zentral über den Heizungskessel und einen Pufferspeicher. Der Warmwasserbedarf wurde auf Grundlage der Nutzungsprofile ermittelt.

2.6.3 Lüftung

Eine Lüftung findet in jedem Gebäude zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste erfolgen im Wesentlichen über Fenster- und Türfugen. Aber auch Mauerwerksfugen, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen.

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen CO₂ und Feuchtigkeit, die beim Prozess des Ausatmens entstehen, abgeführt werden. Eine Lüftung ist auch nötig, um einer Schimmelbildung durch erhöhte Feuchtigkeit vorzubeugen und vermehrt austretende Schadstoffe aus modernen Baustoffen, Kunststoffen oder Belägen abzuführen.

Im untersuchten Gebäude erfolgt die Be- und Entlüftung überwiegend über die vorhandenen Fenster und Türen. In den Sanitärräumen/Duschen ist außerdem eine Abluftanlage installiert. Die Anlage verfügt nicht über eine Wärmerückgewinnung.

2.6.4 Beleuchtung

Das Gebäude wird mit verschiedenen Leuchtmitteln beleuchtet. Überwiegend befinden sich ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung P_{Lampe} bis zu 58 W sowie mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) sowie teilweise mit LED-Leuchtbändern im Gebäude.

Die Ermittlung der elektr. Leistung wurde über das Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4 bestimmt. Mit Ermittlung der elektr. Leistung und der jährlichen Nutzungsdauer der bestehenden Beleuchtungsanlage wird der jährliche Energieeinsatz pro Gebäude bzw. Beleuchtungszone bestimmt. Die Beleuchtungszonen sind in

Tabelle 2-17 aufgeführt.

Tabelle 2-17: Beleuchtungsbereiche im untersuchten Gebäude

| Zone | Beleuchtungsbereich [m ²] | | | | | | Präsenzerfassung [-] |
|----------------|---------------------------------------|--------|-----|---------|------------------|--------|----------------------|
| | Glühlampe | KVG | EVG | Halogen | Energiesparlampe | LED | |
| Verkehrsfläche | -- | 194,52 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Turnhalle | -- | -- | -- | -- | -- | 407,57 | -- |
| Sanitärräume | -- | 33,97 | -- | -- | -- | -- | X |
| Lager/Technik | -- | 172,05 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Nebenfläche | -- | 72,86 | -- | -- | -- | -- | X |

2.6.5 Einstufung von Solarthermie & Photovoltaik

Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen,

Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, im Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.



Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent bedeutet, dass dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor und Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Es ist bereits eine Solarthermieanlage im Bestand vorhanden. Die Effizienz dieser kann gesteigert werden, indem ein geeigneter Steinschlagschutz im Bereich des Daches installiert wird, um Vandalismus entgegenzuwirken.

Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung

Die regenerative Stromerzeugung ermöglicht eine erhebliche Reduktion der CO₂-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2021 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreibung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei

Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2021, ermittelt werden.

Eine Nutzung von Solarenergie durch eine Photovoltaikanlage ist möglich und wird in Abschnitt 3.7 detaillierter betrachtet. Insbesondere durch das große Flächenangebot auf dem Flachdach kann ein signifikanter Deckungsgrad erwartet werden.

2.7 RANDBEDINGUNGEN ÖKONOMIE

Die wirtschaftliche Betrachtung der Sanierungsvarianten stellt einen wichtigen Bestandteil der Untersuchung dar. Die dafür angesetzten Randbedingungen werden im Folgenden aufgeführt und erläutert.

Die Nutzungsdauer für Bauteile wurde nach dem Katalog des Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)¹⁴ bestimmt. Die Nutzungsdauer anlagentechnischer Bestandteile bezieht sich auf die VDI-Richtlinie 2067¹⁵.

Für die Berechnung der Amortisationszeit wird ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren angesetzt. Sie bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten. In die Bestimmung der Amortisationszeit werden Ersatzinvestitionen miteinbezogen, weshalb es sein kann, dass sich Maßnahmen nach Ablauf der Nutzungsdauer und einer anschließenden Reinvestition amortisieren. Die in den nächsten Jahren immer weiter steigende CO₂-Bepreisung wurde in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Gemäß der Nutzerangaben wurden die dargestellten (brutto) Energiepreise je Energieträger

¹⁴ Zu finden unter <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/nutzungsdauern-von-bauteilen/>

¹⁵ VDI 2067 (2010) Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung



angesetzt (Tabelle 2-18). Die Tabelle beinhaltet zusätzliche Energieträger, die in den Sanierungsvarianten mit neuen Wärmeerzeugern vorgeschlagen werden.

Tabelle 2-19 zeigt die angesetzten Annahmen zur ökonomischen Betrachtung der Sanierungsvarianten. Die ökonomischen Betrachtungen beruhen auf einer dynamischen Amortisationsberechnung.

Tabelle 2-18: Bezugskosten der Energieträger und angenommene jährliche Preissteigerung

| Bezeichnung | Einheit | Preis [€/Einheit] | jährl. Preissteigerung ¹⁶ [%] | CO ₂ -Emissionen [g/Einheit] |
|-------------|---------|----------------------|---|--|
| Erdgas | kWh | 0,061 | 2,00 | 227,7 |
| Strom-Mix | kWh | 0,280 | 2,00 | 833,6 |

Tabelle 2-19: Annahmen zur Ökonomie

| | |
|---|------|
| kalkulatorischer Zinssatz [%] | 0,41 |
| jährliche Preissteigerung [%] | 2 |
| Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt | nein |

2.7.1 Preisermittlung

Die angesetzten Preise sind als Richtpreise zu verstehen und beruhen auf Kostenkennwerten, Erfahrungswerten sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte.¹⁷ Die Kostenkennwerte sind durch einen Regionalfaktor auf die Region der untersuchten Liegenschaft angepasst. Durch die hohe Individualität von Baumaßnahmen, unbekanntem Randbedingungen (wie z.B. der Beschaffenheit des Bodens) sowie Annahmen zur künftigen Preisentwicklung von Bauleistungen, können die tatsächlichen Investitionskosten abweichen.

Die angegebene Investitionssumme stellt die Gesamtkosten zum Zeitpunkt der Investition dar und umfasst keine Ersatzinvestitionen nach Ablauf der jeweiligen Nutzungsdauer. Ein Teil der Investitionssumme ist bei einigen Maßnahmen ggf. ohnehin im näheren Betrachtungszeitraum nötig (z.B. der Austausch eines alten Heizungskessels oder die Sanierung alter Fenster etc.). Die energetisch bedingten Mehrkosten geben dann die Kosten wieder, die zum Erreichen eines höheren energetischen Standards – als ohnehin rechtlich (z.B. durch das GEG) gefordert – notwendig sind.

¹⁶ Jährliche Preissteigerung, inflationsbereinigt

¹⁷ z.B. BKI-Tabellen 2019, Baukosten 2018 (23. Auflage), Baupreislexikon online (Juni 2021)



3 SANIERUNGSVARIANTEN

3.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend werden verschiedene Sanierungsvarianten und Kombinationen der Sanierungsvarianten (SV) aufgezeigt:

Dargestellte Sanierungsvarianten:

- ▶ SV1: Außenwand sanieren
- ▶ SV2: Dach sanieren
- ▶ SV3: Fenster austauschen

- ▶ SV4: Beleuchtung austauschen
- ▶ SV5: Hydr. Abgleich
- ▶ SV6: PV-Anlage
- ▶ Vorschlag
- ▶ KfW-100 Standard

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen.

3.2 SV1: AUßENWAND SANIEREN

Die Außenwände aus zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung werden in dieser Maßnahme zusätzlich von außen gedämmt. Die Maßnahme wird als Wärmedämmverbundsystem ausgeführt.¹⁸ Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Vorhandene Verblender werden entfernt. Die freigelegten Wandflächen werden für das Anbringen der Wärmedämmung gesäubert und vorbereitet. Die Dämmschicht wird vollflächig angebracht, verdübelt und mit Putz vor Witterung geschützt. Auf die wärmebrückenarme Einbindung der Fenster ist zu achten.

Das nachträglich gedämmte Bauteil muss die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximale U-Wert beträgt 0,24 W/m²K. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes

sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Für die Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG, muss ein U-Wert von 0,2 W/m²K eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U-Wert von 0,2 W/m²K berücksichtigt. Dieser wird mit einer Dämmdicke von 14 cm zusätzlich zur vorhandenen Kerndämmung und einer WLS 031 erreicht. Die energetisch bedingten Mehrkosten entsprechen den Gesamtkosten der Maßnahme, da eine Sanierung der Außenwände aus Instandhaltungstechnischen Gründen nicht ansteht.

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-1 aufgeführt.

Tabelle 3-1: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante¹⁹

| Sanierungsvariante | SV1: Außenwand sanieren | |
|---|--------------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 131.455 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ²⁰ | 7.100 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 6.959 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 140 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 2,0 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ²⁰ | 92.973 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 123,7 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 90.593 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 120,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |

¹⁸ Die Ausführung als WDVS ist in der Regel günstiger als die Ausführung mit einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade (VHF) oder einem Vormauerwerk. Da der Putz jedoch voraussichtlich früher saniert werden muss ist die Nutzungsdauer mit 30 Jahren geringer als die der anderen Systeme. Aus diesem Grund und vor dem Gesichtspunkt eines möglichst einfachen und in einzelne Baustoffe separierbaren Rückbaus am Ende der Nutzungsdauer, ist die Ausführung als WDVS bzw. als VHF oder als Vormauerwerk abzuwägen.

¹⁹ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

²⁰ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)



Sanierungsvariante

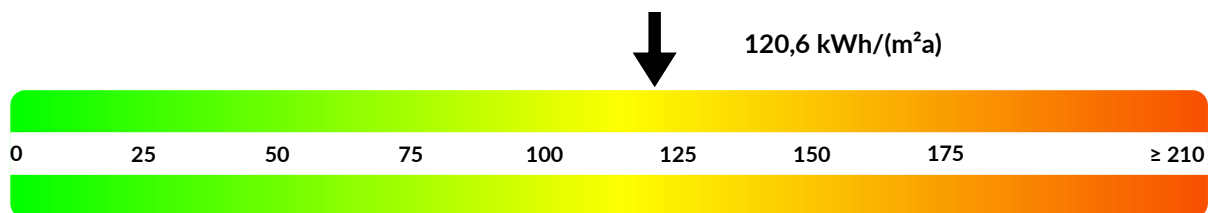
SV1: Außenwand sanieren

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|--------|---------|
| jährliche Endenergieeinsparung | 2.381 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 2,6 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{20 21} | 23.131 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²¹ | 22.602 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²¹ | 529 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²¹ | 2,3 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | -- | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ²² | 1,10 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²¹ Emissionsfaktoren nach GEG

²² (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung



3.3 SV2: DACH SANIEREN

Das bereits gedämmte Flachdach wird in dieser Maßnahme zusätzlich gedämmt. Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Die obersten Schichten (Kiesschüttung) werden zurückgebaut und die freigelegte Oberfläche gesäubert und vorbereitet. Anschließend wird trittfestes Dämmmaterial auf der Dachkonstruktion verlegt. Die neue Dämmschicht wird mit einer Schutzschicht aus Kiesschüttung überdeckt, um sie vor der Witterung zu schützen.

Das nachträglich gedämmte Bauteil muss die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximal U-Wert beträgt $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Für die Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG, muss ein U-Wert von $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U-Wert von $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt. Dieser wird beim Turnhallendach mit einer zusätzlichen

Dämmdicke von 5 cm und einer WLS 031 erreicht und im restlichen Bereich mit einer Dämmdicke von 22cm zusätzlich zur vorhandenen Kerndämmung und einer WLS von 031 erreicht.

Wenn statisch möglich, kann eine extensive oder eine intensive Begrünung angelegt werden. Gründächer bieten allgemein viele Vorteile. Sie schützen beispielsweise die empfindliche Dachhaut im Sommer zusätzlich vor Überhitzung und können so zu einer längeren Nutzungsdauer des Bauteils beitragen, ermöglichen einen verbesserten Regenrückhalt bei Starkregenereignissen und erhöhen die Artenvielfalt von Insekten im urbanen Lebensraum. In der simulierten Maßnahme ist kein Gründach berücksichtigt worden.

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme insgesamt sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-2 aufgeführt.

Tabelle 3-2: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante²³

| Sanierungsvariante | SV2: Dach sanieren | |
|--|---------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 73.270 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ²⁴ | 7.100 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 7.040 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 60 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 0,8 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ²⁴ | 92.973 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 123,7 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 91.969 | kWh/a |

²³ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

²⁴ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)



Sanierungsvariante

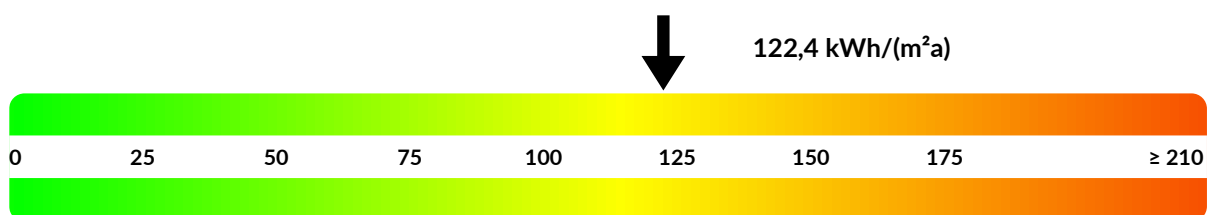
SV2: Dach sanieren

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|--------|--|
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 122,4 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 1.005 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 1,1 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{24 25} | 23.131 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²⁵ | 22.908 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁵ | 223 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁵ | 1,0 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | -- | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ²⁶ | 1,46 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²⁵ Emissionsfaktoren nach GEG

²⁶ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung



3.4 SV3: FENSTER AUSTAUSCHEN

In dieser Sanierungsvariante wird ein Austausch der Fenster betrachtet. Die neuen Fenster müssen mindestens die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximale U_w -Wert beträgt $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Um eine Förderung als Einzelmaßnahme durch

die BEG zu erhalten, muss ein U_w -Wert von $0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U_w -Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt.

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-3 aufgeführt.

Tabelle 3-3: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante²⁷

| Sanierungsvariante | SV3: Fenster austauschen | |
|--|--------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 28.267 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ²⁸ | 7.100 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 6.745 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 354 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 5,0 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ²⁸ | 92.973 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 123,7 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 86.888 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 115,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 6.086 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 6,5 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{28 29} | 23.131 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²⁹ | 21.786 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁹ | 1.345 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁹ | 5,8 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |

²⁷ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

²⁸ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

²⁹ Emissionsfaktoren nach GEG



Sanierungsvariante

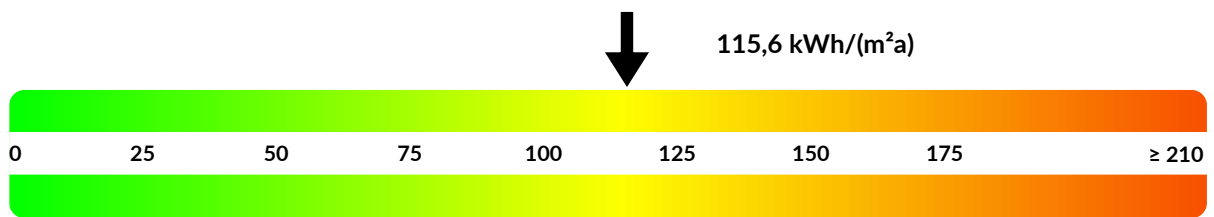
SV3: Fenster austauschen

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|------------------------------------|------|---------|
| dynamische Amortisation | 33 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ³⁰ | 0,09 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



³⁰ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung



3.5 SV4: BELEUCHTUNG AUSTAUSCHEN

In dieser Variante wird die Umrüstung der Beleuchtung auf LED betrachtet. Die Turnhalle selbst besitzt bereits eine LED-Beleuchtung. In den Nebenflächen des Gebäudes sind zurzeit jedoch Leuchtstofflampen (58W) und Kompaktleuchtstofflampen (18W) mit KVG verbaut.

Die alten Lampen werden samt Lampenkörper demontiert und durch neue, effiziente LED-Lampen ersetzt. In allen Zonen wird der Einbau einer Präsenzmeldung angesetzt.

Für die Umrüstung der Beleuchtung zur LED-Beleuchtung wird eine Fachplanung empfohlen.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-4 aufgeführt.

Tabelle 3-4: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante³¹

| Sanierungsvariante | SV4: LED-Beleuchtung | |
|--|-----------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| <i>Energetisch bedingte Mehrkosten</i> | 8.615 | € |
| <i>Energiekosten in der Ausgangssituation³²</i> | 7.100 | €/a |
| <i>Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i> | 6.761 | €/a |
| <i>Energiekostensparnis im ersten Jahr</i> | 339 | €/a |
| <i>prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr</i> | 4,8 | % |
| <i>Endenergiebedarf in der Ausgangssituation³²</i> | 92.973 | kWh/a |
| <i>spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation</i> | 123,7 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| <i>Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i> | 92.922 | kWh/a |
| <i>spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i> | 123,7 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| <i>jährliche Endenergieeinsparung</i> | 52 | kWh/a |
| <i>prozentuale jährliche Endenergieeinsparung</i> | 0,1 | % |
| <i>jährliche CO_{2e}-Emissionen in der Ausgangssituation^{32 33}</i> | 23.131 | kg/a |
| <i>jährliche CO_{2e}-Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante³³</i> | 22.607 | kg/a |
| <i>jährliche CO_{2e}-Vermeidung³³</i> | 524 | kg/a |
| <i>prozentuale jährliche CO_{2e}-Vermeidung³³</i> | 2,3 | % |
| <i>Nutzungsdauer</i> | 50 | a |
| <i>dynamische Amortisation</i> | 17 | a |

³¹ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

³² Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

³³ Emissionsfaktoren nach GEG



Sanierungsvariante

SV4: LED-Beleuchtung

Kenndaten

Wert Einheit

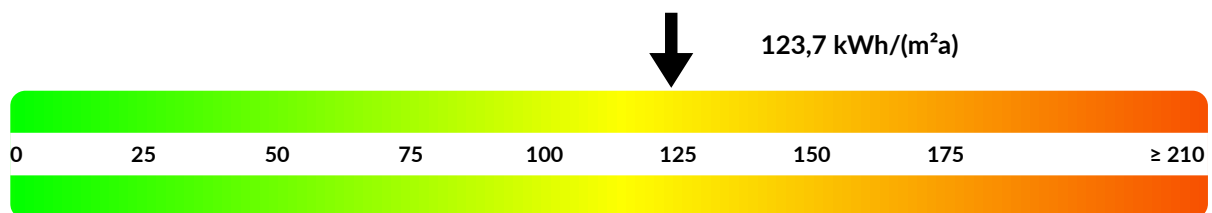
Kosten/Nutzen-Faktor³⁴

3,33 €/kWh

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



³⁴ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung



3.6 SV5: HYDR. ABGLEICH

In dieser Sanierungsvariante wird ein hydraulischer Abgleich der Heizungsverteilung durchgeführt. Mit dem hydraulischen Abgleich des Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen

erreichen. Das führt zu optimierten Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Stromseite aus.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-5 aufgeführt.

Tabelle 3-5: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante³⁵

| Sanierungsvariante | SV5: Hydr. Abgleich | |
|--|---------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 3.350 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ³⁶ | 7.100 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 7.022 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 78 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 1,1 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ³⁶ | 92.973 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 123,7 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 91.737 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 122,1 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 1.236 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 1,3 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{36,37} | 23.131 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ³⁷ | 22.849 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁷ | 282 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁷ | 1,2 | % |
| Nutzungsdauer | 10 | a |
| dynamische Amortisation | -- | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ³⁸ | 0,27 | €/kWh |

³⁵ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

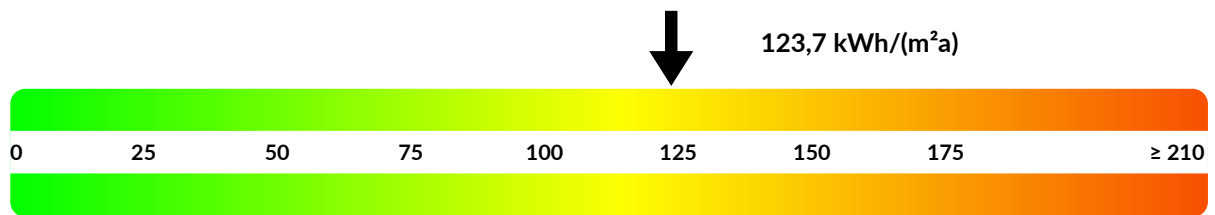
³⁶ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

³⁷ Emissionsfaktoren nach GEG

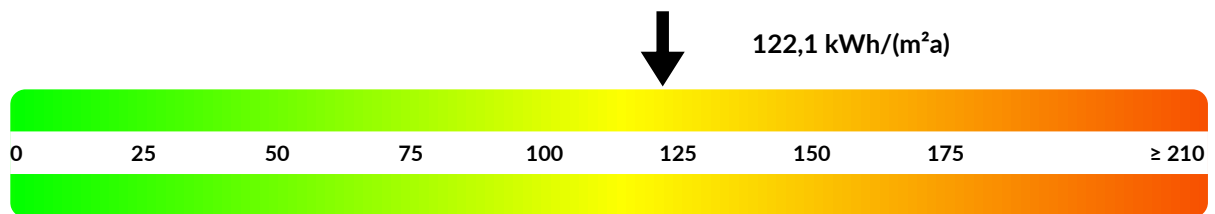
³⁸ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala





3.7 SV6: PV-ANLAGE

Zur Stromerzeugung wird in dieser Maßnahme eine Photovoltaik-Anlage aus monokristallinem Silizium installiert. In der Simulation beträgt die Kollektorfläche 154,1 m² womit sich eine Peakleistung von 29,67 kWp ergibt. Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage ist ein hoher Eigenverbrauch des Solarstroms ausschlaggebend. Für die Anlage ergibt sich voraussichtlich ein Eigennutzungsanteil von ca. 46,7%. Die Einspeisevergütung gemäß EEG (Vergütung entsprechend März 2021) wurde in der Wirtschaftlichkeitsberechnung mitberücksichtigt.

Gemäß GEG werden Einsparungen der PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden.

Für die Berechnung genauer Kennzahlen ist eine Fachplanung erforderlich. Die Tragfähigkeit des Daches muss vorher durch einen Sachverständigen geprüft werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-6 aufgeführt. Kennwerte der simulierten PV-Anlage sind in Tabelle 3-7 und Abbildung 3-1 dargestellt.

Tabelle 3-6: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante³⁹

| Sanierungsvariante | SV6: PV-Anlage | |
|--|-----------------------|----------------|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 38.571 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ⁴⁰ | 7.100 | €/a |
| Energiekosten in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁴¹ | 7.100 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴¹ | 3.774 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁴¹ | 3.326 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁴¹ | 46,8 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁴⁰ | 92.973 | kWh/a |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁴¹ | 92.973 | kWh/a |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴¹ | 82.177 | kWh/a |
| jährliche Endenergieeinsparung ⁴¹ | 10.797 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung ⁴¹ | 11,6 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ^{41 42} | 23.131 | kg/a |

³⁹ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁴⁰ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁴¹ bezogen auf den errechneten Energiebedarf des Gebäudes plus dem aus den Verbrauchsdaten abgeschätzten Nutzerstrom

⁴² Emissionsfaktoren nach GEG



| <i>Sanierungsvariante</i> | <i>SV6: PV-Anlage</i> | |
|---|-----------------------|----------------|
| <i>Kenndaten</i> | <i>Wert</i> | <i>Einheit</i> |
| <i>jährliche CO_{2e}-Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante^{41 42}</i> | 16.623 | kg/a |
| <i>jährliche CO_{2e}-Vermeidung^{41 42}</i> | 6.508 | kg/a |
| <i>prozentuale jährliche CO_{2e}-Vermeidung^{41 42}</i> | 28,1 | % |
| <i>Nutzungsdauer</i> | 20 | a |
| <i>dynamische Amortisation⁴¹</i> | 10 | a |
| <i>Kosten/Nutzen-Faktor^{41 43}</i> | 0,18 | €/kWh |

Gemäß GEG wird die PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden. Um eine Anlage zu untersuchen, welche dem realen Bedarf näherkommt, wird nachfolgend abweichend vom GEG eine eigene Abschätzung der PV-Anlage gemacht. Dazu gehört die Verringerung des Strombezugs aus dem Netz und die damit zusammenhängende Amortisationszeit.

Tabelle 3-7: Kennwerte der simulierten PV-Anlage

| | | |
|--|--------|-------|
| <i>Energetisch bedingte Mehrkosten</i> | 38.571 | € |
| <i>Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer)</i> | 36.168 | kWh/a |
| <i>Jahresertrag</i> | 25.926 | kWh/a |
| <i>Eigenverbrauch</i> | 12.107 | kWh/a |
| <i>Einspeisung</i> | 13.818 | kWh/a |
| <i>CO₂-Reduktion durch verringerten Netzbezug</i> | 6.780 | kg/a |
| <i>CO₂-Reduktion durch Verdrängung im Netz</i> | 7.738 | kg/a |

⁴³ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

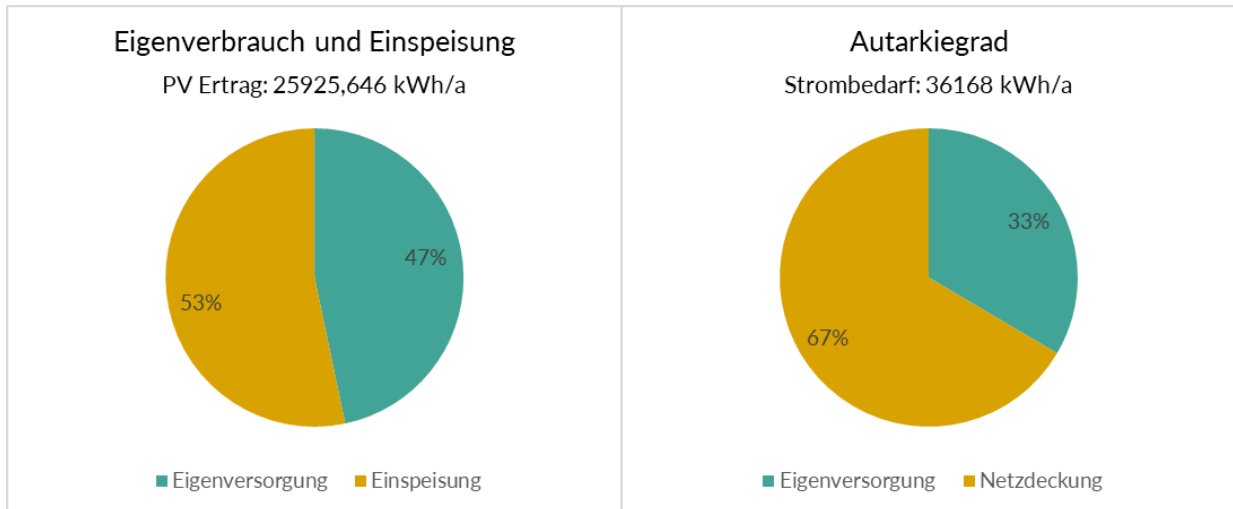


Abbildung 3-1: Eigenverbrauch und Autarkiegrad der simulierten PV-Anlage

3.8 VORSCHLAG

In diesem Vorschlag werden die Sanierungsvarianten 4-6 kombiniert. Dies beinhaltet den Beleuchtungstausch zu LEDs, die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs und die Installation einer PV-Anlage.

Die Bauteile der thermischen Hüllfläche werden in dieser Kombination nicht saniert, da die prognostizierten Kosten in keinem guten Verhältnis zum zu erwartenden Nutzen stehen.

Die Optimierung der Anlagentechnik durch einen hydraulischen Abgleich, die Umrüstung der Beleuchtung auf LED mit Bewegungsmeldern und die Installation einer PV-Anlage zur Erzeugung erneuerbarer Energien vor Ort genügen, um die Turnhalle zukunftsfähig zu gestalten und die CO₂ Emissionen zu reduzieren.

Details zu den einzelnen Maßnahmen können den jeweiligen Abschnitten entnommen werden. Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-8 aufgeführt.

Tabelle 3-8: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁴⁴

| Sanierungsvariante | Vorschlag | |
|--|------------------|----------------|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 50.536 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ⁴⁵ | 7.100 | €/a |
| Energiekosten in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁴⁶ | 7.100 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴⁶ | 3.290 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁴⁶ | 3.810 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁴⁶ | 53,7 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁴⁵ | 92.973 | kWh/a |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁴⁶ | 92.973 | kWh/a |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴⁶ | 79.521 | kWh/a |
| jährliche Endenergieeinsparung ⁴⁶ | 13.453 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung ⁴⁶ | 14,5 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ^{46 47} | 23.131 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{46 47} | 15.532 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{46 47} | 7.599 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{46 47} | 32,9 | % |

⁴⁴ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁴⁵ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁴⁶ bezogen auf den errechneten Energiebedarf des Gebäudes plus dem aus den Verbrauchsdaten abgeschätzten Nutzerstrom

⁴⁷ Emissionsfaktoren nach GEG



Sanierungsvariante

Vorschlag

Kenndaten

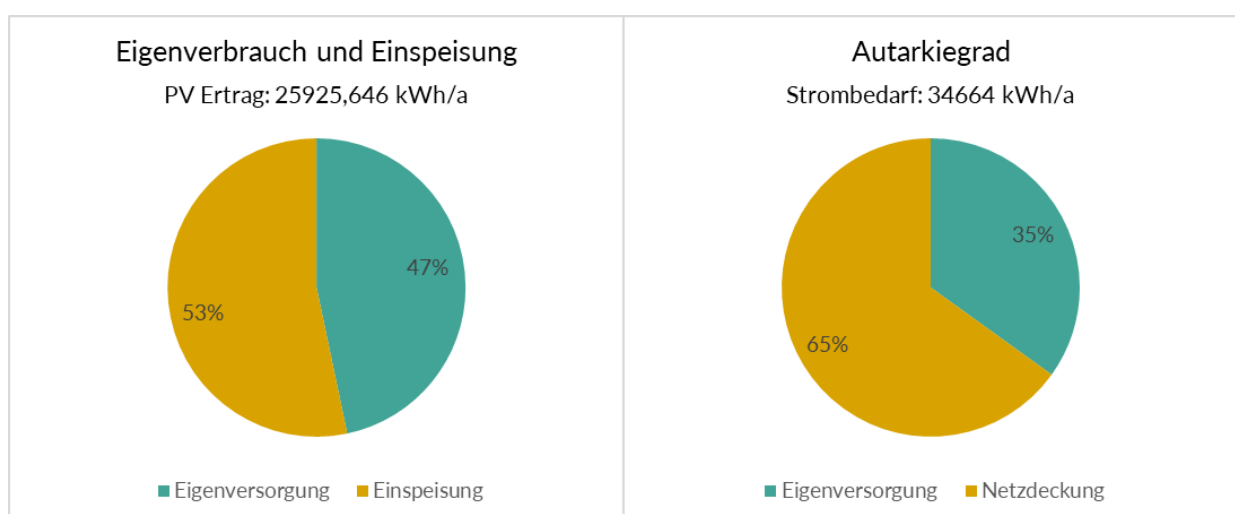
Wert

Einheit

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|---------------------------------------|------|---------|
| Nutzungsdauer | 20 | a |
| dynamische Amortisation ⁴⁶ | 12 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ^{46,48} | 0,19 | €/kWh |

Gemäß GEG wird die PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden. Um eine Anlage zu untersuchen, welche dem realen Bedarf näherkommt, wird nachfolgend abweichend vom GEG eine eigene Abschätzung der PV-Anlage gemacht. Dazu gehört die Verringerung des Strombezugs aus dem Netz und die damit zusammenhängende Amortisationszeit.

| | | |
|---|---------|-------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 283.528 | € |
| Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer) | 34.664 | kWh/a |
| Jahresertrag | 25.926 | kWh/a |
| Eigenverbrauch | 12.107 | kWh/a |
| Einspeisung | 13.818 | kWh/a |
| CO ₂ -Reduktion durch verringerten Netzbezug | 6.780 | kg/a |
| CO ₂ -Reduktion durch Verdrängung im Netz | 7.738 | kg/a |



⁴⁸ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung



3.9 BEG-EFFIZIENZGEBÄUDE 100

Um die Anforderungen an ein BEG-Effizienzgebäude 100 zu erfüllen, werden die verschiedenen untersuchten Einzelmaßnahmen in dieser Sanierungsvariante kombiniert.⁴⁹

Dazu gehören die Sanierung der Außenwände und des Daches sowie der Austausch der Fenster. Außerdem wird die Beleuchtung durch eine LED-Beleuchtung mit Präsenzmeldern ersetzt, ein hydraulischer Abgleich durchgeführt und zusätzlich eine PV-Anlage auf dem Dach installiert. Details zu den kombinierten Maßnahmen

können den jeweiligen Beschreibungen entnommen werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-9 aufgeführt.

Hinweis:

Vor dem Hintergrund des „Klimaschutz Sofortprogramms 2022“ der Bundesregierung sollen das GEG und die BEG im kommenden Jahr überarbeitet und Anforderungen voraussichtlich verschärft werden. Es ist denkbar, dass dann Sanierungen zum EG 100 nicht mehr förderfähig sind, sodass die Umsetzung dieser Kombinationsmaßnahme für eine Förderung kurzfristig durchgeführt werden müssten.

Tabelle 3-9: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁵⁰

| Sanierungsvariante | KfW-100 Standard | |
|--|------------------|---------|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 283.528 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ⁵¹ | 7.100 | €/a |
| Energiekosten in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁵² | 7.100 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁵² | 2.753 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁵² | 4.347 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁵² | 61,2 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁵¹ | 92.973 | kWh/a |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁵² | 92.973 | kWh/a |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁵² | 70.362 | kWh/a |
| jährliche Endenergieeinsparung ⁵² | 22.611 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung ⁵² | 24,3 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ^{52 53} | 23.131 | kg/a |

⁴⁹ Details zu den Anforderungen sind in 2.5.2 aufgeführt, weitere Details zur Förderung in Abschnitt 5.1.2

⁵⁰ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁵¹ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁵² bezogen auf den errechneten Energiebedarf des Gebäudes plus dem aus den Verbrauchsdaten abgeschätzten Nutzerstrom

⁵³ Emissionsfaktoren nach GEG

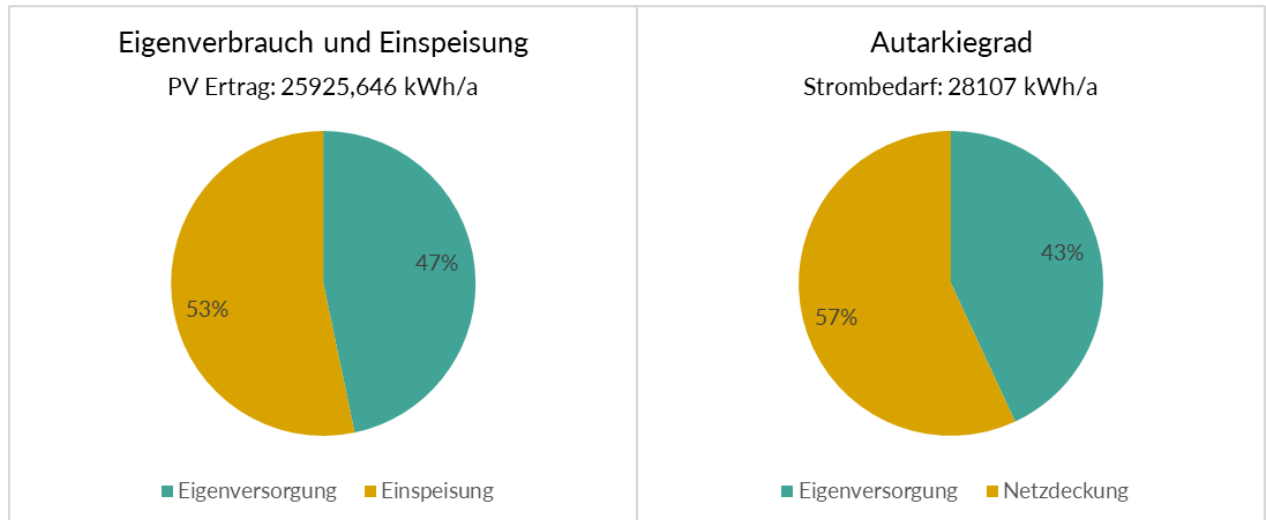


| <i>Sanierungsvariante</i> | <i>KfW-100 Standard</i> | |
|---|-------------------------|----------------|
| | <i>Wert</i> | <i>Einheit</i> |
| <i>jährliche CO_{2e}-Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante^{52 53}</i> | 9.911 | kg/a |
| <i>jährliche CO_{2e}-Vermeidung^{52 53}</i> | 13.220 | kg/a |
| <i>prozentuale jährliche CO_{2e}-Vermeidung^{52 53}</i> | 57,2 | % |
| <i>Nutzungsdauer</i> | 35 | a |
| <i>dynamische Amortisation⁵²</i> | 40 | a |
| <i>Kosten/Nutzen-Faktor^{52 54}</i> | 0,36 | €/kWh |

Gemäß GEG wird die PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden. Um eine Anlage zu untersuchen, welche dem realen Bedarf näherkommt, wird nachfolgend abweichend vom GEG eine eigene Abschätzung der PV-Anlage gemacht. Dazu gehört die Verringerung des Strombezugs aus dem Netz und die damit zusammenhängende Amortisationszeit.

| | | |
|--|---------|-------|
| <i>Energetisch bedingte Mehrkosten</i> | 283.528 | € |
| <i>Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer)</i> | 28.107 | kWh/a |
| <i>Jahresertrag</i> | 25.926 | kWh/a |
| <i>Eigenverbrauch</i> | 12.107 | kWh/a |
| <i>Einspeisung</i> | 13.818 | kWh/a |
| <i>CO₂-Reduktion durch verringerten Netzbezug</i> | 6.780 | kg/a |
| <i>CO₂-Reduktion durch Verdrängung im Netz</i> | 7.738 | kg/a |

⁵⁴ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung



4 FAZIT

Für die Sporthalle Herrnburg wird die **Sanierungsvariante „Vorschlag“** (die Umrüstung auf LED-Beleuchtung mit Präsenzmeldung, die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs und die Installation einer PV-Anlage empfohlen.

Für die Maßnahmen sind Investitionen (Gesamtkosten) von ca. 50.536 € brutto erforderlich, wodurch jährlich etwa 3.810 € (53,7%) an Energiekosten eingespart werden können.

Außerdem führt die Umsetzung zu jährlichen CO₂-Einsparungen von etwa 7.599 kg/a (ca. 32,9%) und senkt den Primärenergiebedarf jährlich um ungefähr 24.369 kWh/a (24,5%) auf 74.894 kWh/a.

Die wichtigsten Kennzahlen sind für den Ausgangsfall sowie für die wesentlichen Sanierungsmaßnahmen sind in Abbildung 4-1 bis Abbildung 4-4 dargestellt.

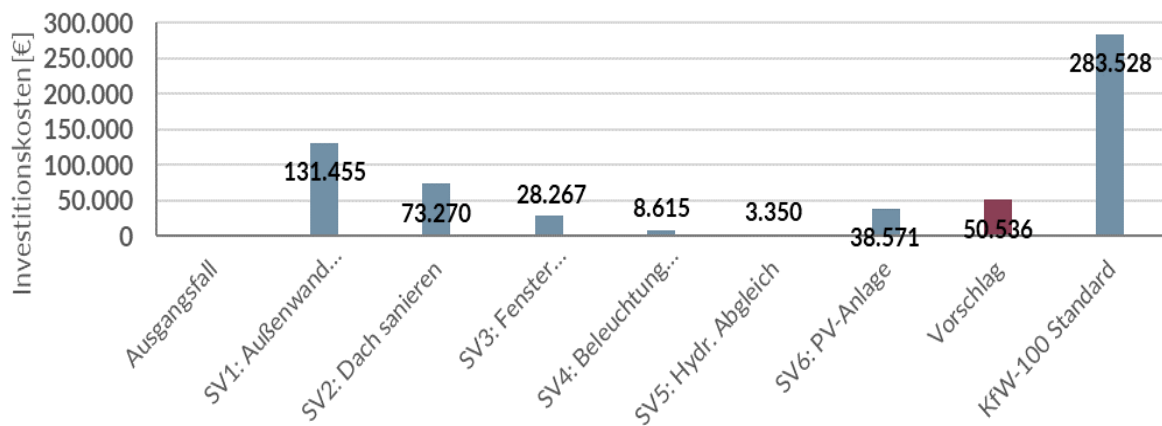


Abbildung 4-1: Investitionskosten der untersuchten Sanierungsvarianten

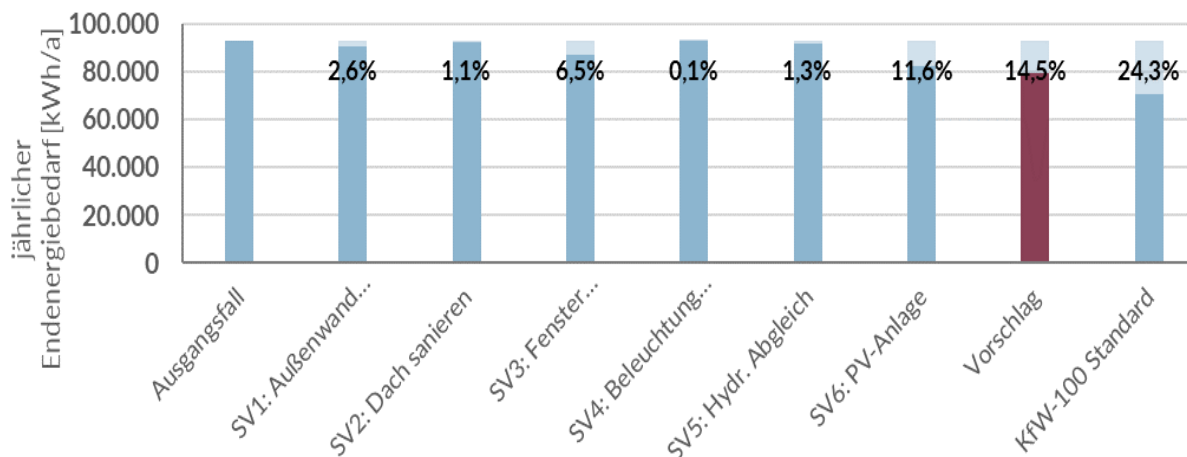


Abbildung 4-2: Jährlicher Endenergiebedarf im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Einsparung an Endenergie

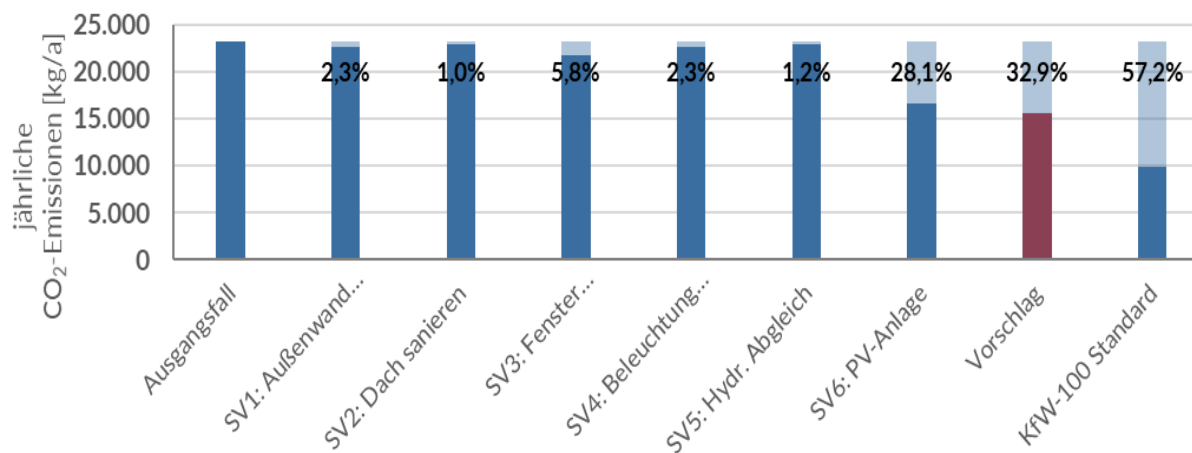


Abbildung 4-3: Jährliche CO₂-Emissionen im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Einsparung an CO₂-Emissionen

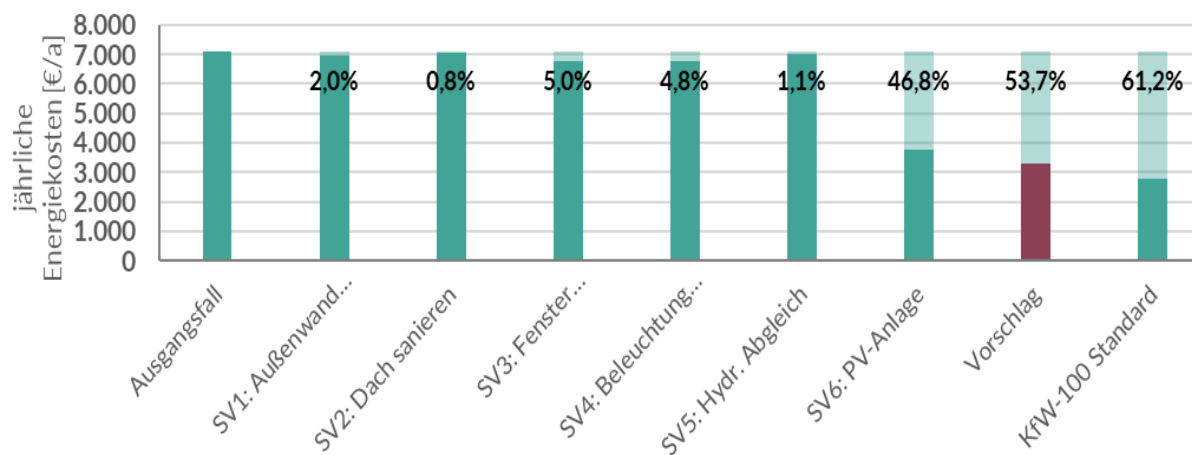


Abbildung 4-4: Jährliche Energiekosten im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Energiekosteneinsparungen

5 FÖRDERMITTEL

Im Folgenden wird eine Übersicht über in Frage kommende Fördermittel gegeben. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

Die Kombination verschiedener Fördermittel ist im Einzelfall zu prüfen. Ist geplant Landes- und Bundesmittel zu kumulieren, sollte sich frühzeitig an den Projektträger Jülich und die zuständige Ansprechperson auf Landesebene gewendet werden.

5.1 BUNDESFÖRDERUNG FÜR EFFIZIENTE GEBÄUDE (BEG)

Die Bundesförderung für Effiziente Gebäude (BEG) stellt seit 2021 die energetische Gebäudeförderung des Bundes dar und löst damit Programme wie das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm (Programme Energieeffizient Bauen und Sanieren), das Programm zur Heizungsoptimierung (HZO), das Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) und das Marktanreizprogramm zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (MAP) ab.

Die BEG gliedert sich in drei Teilbereiche:

- ▶ Einzelmaßnahmen (BEG EM)
- ▶ Wohngebäude (BEG WG)
- ▶ Nichtwohngebäude (BEG NWG)

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Privatpersonen und Wohnungseigentümergeinschaften
- ▶ freiberuflich Tätige
- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften, kommunale Gemeinde- & Zweckverbände, rechtlich unselbständige Eigenbetriebe von kommunalen Gebietskörperschaften, sofern diese zu Zwecken der Daseinsvorsorge handeln
- ▶ Körperschaften & Anstalten des öffentlichen Rechts (z.B. Kammern oder Verbände)
- ▶ gemeinnützige Organisationen (einschließlich Kirchen)
- ▶ Unternehmen (einschließlich Einzelunternehmer & kommunale Unternehmen)

- ▶ sonstige juristische Personen des Privatrechts (einschließlich Wohnungsbaugenossenschaften)

Die Antragsberechtigung gilt für Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, Grundstücksteils, Gebäudes oder Gebäudeteils, auf oder in dem die Maßnahme umgesetzt werden soll, sowie für Contractoren.

5.1.1 BEG Einzelmaßnahmen (EM)

Die BEG EM ist im Januar 2021 in der Zuschussvariante beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gestartet, die BEG EM in der Kreditvariante erfolgt durch die KfW seit dem 1. Juli 2021.

Bei der Antragstellung für Einzelmaßnahme an der Gebäudehülle und Anlagentechnik (außer Heizung) müssen Energie-Effizienzexperten (EEE) eingebunden werden. Die Antragstellung ohne Einbindung eines EEE ist nur für Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik) und Heizungsoptimierung möglich.

Die Förderquoten sind in Tabelle 5-1 aufgeführt. Bei der Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP), ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5% möglich.

Das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen liegt in der Regel bei 2.000 € (brutto). Für Maßnahmen der Heizungsoptimierung beträgt das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen 300 € (brutto). Die förderfähigen Ausgaben für energetische Sanierungsmaßnahmen sind für Nichtwohngebäude gedeckelt auf 1.000 €/m²(NGF) und insgesamt auf maximal 15 Mio. €. Für Wohngebäude sind die förderfähigen Ausgaben für energetische Sanierungsmaßnahmen auf 60.000 € pro Wohneinheit gedeckelt.

Für die Fachplanung und Baubegleitung der Maßnahmen ist zusätzlich eine Förderung von 50% der förderfähigen Ausgaben möglich. Die förderfähigen Ausgaben sind hier gedeckelt auf



5 €/m²_(NGF) und insgesamt auf maximal 20.000 € pro Zuwendungsbescheid.

Die BEG EM kann grundsätzlich mit anderen Fördermitteln kumuliert werden (Ausnahme

EEG-Förderung, KfW-Förderungen). Dabei darf jedoch maximal eine Förderquote von 60% erreicht werden, andernfalls wird die Förderung entsprechend gekürzt.

Tabelle 5-1: Übersicht der Förderquoten von Einzelmaßnahmen der BEG

| Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG) | | Fördersatz |
|--|--|--|
| Gebäudehülle | Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz | 20% |
| Anlagentechnik | Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen, WG: Einbau „Efficiency Smart Home“ NWG: Einbau Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme | 20% |
| Heizungsanlagen | Gas-Brennwertheizungen „Renewable Ready“ | 20% |
| | Gas-Hybridanlagen | 30% ⁵⁵ |
| | Solarthermieanlagen | 30% |
| | Wärmepumpe; Biomasseanlagen; innovative Heizanlagen auf EE-Basis; EE-Hybridheizungen | 35% ⁵⁵ |
| | Anschluss an Gebäude-/Wärmenetz | |
| | Min. 25% EE Min. 55% EE | 30% ⁵⁵ 35% ⁵⁵ |
| Heizungsoptimierung | Hydraulischer Abgleich; Austausch heizungspumpen, Anpassung Temperaturen/Pumpenleistungen; Optimierung Wärmepumpe; Dämmung Rohrleitungen | 20% |

5.1.2 BEG Wohngebäude und Nichtwohngebäude

Mit der BEG WG bzw. NWG werden der Neubau oder die Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG) zu Effizienzgebäuden gefördert. Die BEG NWG und BEG WG (Zuschuss- und Kreditvariante) erfolgen durch die KfW ab 1. Juli 2021. Ab 2023 erfolgt die Förderung in jedem Fördertatbestand wahlweise als direkter Investitionszuschuss des BAFA oder als zinsverbilligter Förderkredit mit

Tilgungszuschuss der KfW. Für kommunale Gebietskörperschaften sowie Gemeinde- und Zweckverbände orientiert sich der Zinssatz beim Kredit an der Kapitalmarktentwicklung. Für alle übrigen Antragsteller hängt der Zinssatz von Ihrer Bonität ab.

Grundsätzlich darf mit dem Vorhaben (Neubau oder Sanierung) erst nach der Beantragung der Förderung gestartet werden. Die Sanierung von Gebäuden kann gefördert werden, wenn diese mindestens 5 Jahre alt sind, das heißt der

⁵⁵ Wird eine mit Öl betriebene Heizungsanlage ausgetauscht erhöht sich die Förderung um 10%.



Bauantrag oder die Bauanzeige mindestens 5 Jahre zurückliegt.

Die folgenden Ausführungen sowie die Übersicht der möglichen (Tilgungs-)zuschüsse in Tabelle 5-2 beziehen sich auf die Förderung für Nichtwohngebäude (NWG).

Die Höchstgrenze der förderfähigen Kosten beträgt für NWG 2.000 €/m²_{NGF} und insgesamt maximal 30 Millionen Euro.

Für die Fachplanung und Baubegleitung der Maßnahmen ist zusätzlich eine Förderung von 50% der förderfähigen Ausgaben möglich. Die förderfähigen Ausgaben sind gedeckelt auf 10 €/m²_(NGF) und insgesamt auf maximal 40.000 € pro Zusage und Kalenderjahr.

Die Höhe des (Tilgungs-)zuschusses steigt, wenn zusätzlich die Erneuerbare-Energien-Klasse (EE-Klasse) oder die Nachhaltigkeitsklasse erreicht wird. Zum Erreichen der EE-Klasse muss die neu eingebaute Heizungsanlage auf Basis erneuerbarer Energien mindestens 55% des Energiebedarfs des Gebäudes decken.⁵⁶ Für die Nachhaltigkeitsklasse muss ein Nachhaltigkeitszertifikat ausgestellt werden. Auch die Nachhaltigkeitszertifizierung kann mit 50% durch einen (Tilgungs-)zuschuss gefördert werden, wenn eine Effizienzhaus-Stufe mit Nachhaltigkeits-Klasse erreicht wird. Für diesen (Tilgungs-)zuschuss gelten die gleichen Höchstbeträge wie für die Fach- und Baubegleitung.

Tabelle 5-2: (Tilgungs-)zuschüsse im Rahmen der BEG NWG für den Neubau oder die Sanierung von Effizienzgebäuden. Die jeweils höheren Förderquoten können mit Einhaltung der EE-Klasse oder der Nachhaltigkeitsklasse erreicht werden.

| Effizienzgebäude | (Tilgungs-)zuschuss | |
|--------------------------|---------------------|---------------|
| | Neubau | Sanierung |
| Effizienzgebäude 40 | 20% / 22,5% | 45% / 50% |
| Effizienzgebäude 55 | 15% / 17,5% | 40% / 45% |
| Effizienzgebäude 70 | -- | 35% / 40% |
| Effizienzgebäude 100 | -- | 27,5% / 32,5% |
| Effizienzgebäude Denkmal | -- | 25% / 30% |

5.2 DIE KOMMUNALRICHTLINIE

Seit 2008 profitieren Kommunen von den in der „Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative“ (Kommunalrichtlinie) festgelegten Fördermöglichkeiten der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums.

Unterschieden werden strategische und investive Förderschwerpunkte. In Tabelle 5-3 wird ein Überblick über die Förderschwerpunkte und die grundsätzlichen Förderquoten für Kommunen, Kitas, Schulen, Jugendeinrichtungen, Hochschulen und Religionsgemeinschaften gegeben.⁵⁷

Finanzschwache Kommunen können eine vom Fördergegenstand abhängige um 5% bis 25% erhöhte Förderquote erhalten. Kitas, Schulen, Jugendwerkstätten, Einrichtungen der Kinder-

⁵⁶ Bei der Sanierung zum Effizienzgebäude muss die neue Heizungsanlage Bestandteil der Sanierung sein, um die Förderung zu erhalten.

⁵⁷ Details zu Förderungen von externen Dienstleistern zur Fokusberatung, Netzwerkmanagern, Sportvereinen, kulturellen Einrichtungen, Werkstätten für Menschen mit Behinderung, Aufgabenträger des öffentlichen Nahverkehrs, Unternehmen mit kommunalen Entsorgungsauftrag und öffentlich-rechtlich organisierten Wasserwirtschaftsverbänden sind nicht aufgeführt. Sie können der Kommunalrichtlinie entnommen werden.



und Jugendhilfe sowie Sportstätten erhalten in einigen investiven Förderschwerpunkten eine um 5% erhöhte Förderquote. Die Förderquote für Antragsstellende aus Braunkohlerevieren ist in allen Förderschwerpunkten um 15% erhöht.

Vom 1. August 2020 bis zum 31. Dezember 2021 werden im Zuge des Corona-Konjunkturpakets der Bundesregierung außerdem alle Förderquoten in der Richtlinie um jeweils 10% angehoben. Damit sind in diesem Zeitraum Zuschüsse bis zu 100% der Gesamtinvestition möglich.

Anträge können für alle Förderschwerpunkte ganzjährig eingereicht werden. Nach Einreichen des Antrags erhält der Antragsteller eine Eingangsbestätigung. Wenn der Antrag den Zuwendungsbedingungen entspricht und alle Fragen geklärt sind, erlässt der vom Bundesumweltministerium beauftragte Projektträger Jülich (PtJ) den Bewilligungsbescheid. Dieser gilt als Startschuss für die Projektumsetzung:

Vorher darf mit dem Vorhaben nicht begonnen werden; auch dürfen einzelne Leistungen noch nicht ausgeschrieben werden. Im Auftrag des Bundesumweltministeriums bietet das Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz (SK:KK) eine umfassende Beratung zur Kommunalrichtlinie und zu weiteren Fördermöglichkeiten im kommunalen Klimaschutz. Für Auskünfte zu einzelnen Projektanträgen steht der PtJ zur Verfügung.

Die Fördermittel der Kommunalrichtlinie können grundsätzlich mit anderen Fördermitteln (z.B. der Bundesländer) kumuliert werden, sofern beihilferechtliche Vorgaben (siehe Nummer 6.1 der Kommunalrichtlinie) dem nicht entgegenstehen. Zu beachten ist, dass Eigenmittel in Höhe von mindestens 15% (bzw. für Anträge bis zum 31.12.2021 5%) des Gesamtvolumens der zuwendungsfähigen Ausgaben eingebracht werden müssen.

Tabelle 5-3: Auszug und Überblick aus der Kommunalrichtlinie für mögliche Förderungen von Kommunen, Kitas, Schulen, Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen und Religionsgemeinschaften.

| Förderung | Kommunen ⁵⁸ | Kitas, Schulen, weitere Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen & Religionsgemeinschaften |
|---|------------------------|---|
| Strategische Förderschwerpunkte | | |
| Fokusberatung | 65% | 65% |
| Energie- & Umweltmanagementsysteme | 40% | 40% |
| Energiesparmodelle | 65% | 65% ⁵⁹ |
| Starterpaket für Energiesparmodelle | 50% | 50% ⁵⁹ |
| Potenzialstudien | 50% | 50% |
| Erstvorhaben Klimaschutzkonzept & -management | 65% | 65% ⁶⁰ |
| Anschlussvorhaben Klimaschutzmanagement | 40% | 40% ⁶⁰ |

⁵⁸ Gilt bis auf Energiesparmodelle und Starterpakete für Energiesparmodelle auch für Betriebe, Unternehmen und Einrichtungen mit mindestens 25% kommunaler Beteiligung.

⁵⁹ Nur für Kitas, Schulen und weitere Jugendeinrichtungen

⁶⁰ Nur für Hochschulen und Religionsgemeinschaften



| Förderung | Kommunen ⁵⁸ | Kitas, Schulen, weitere Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen & Religionsgemeinschaften |
|--|------------------------|---|
| Ausgewählte Maßnahmen aus Klimaschutzkonzept | 50% | 50% ⁶⁰ |
| Investive Förderschwerpunkte | | |
| Außen- & Straßenbeleuchtung | 20% | 20% |
| Straßenbeleuchtung adaptive Nutzung | 25% | -- |
| Beleuchtung für Lichtsignalanlagen | 20% | -- |
| Innen- & Hallenbeleuchtung | 25% | 25% |
| Raumlufttechnische Anlagen | 25% | 25% |
| Mobilitätsstationen | 40% | -- |
| Verbesserung des Radverkehrs | 40% | 40% |
| Radabstellanlagen (bahnhofsnahe) | 60% | 60% |
| Intelligente Verkehrssteuerung | 30% | -- |
| Sammlung Garten- & Grünabfällen | 40% | -- |
| Emissionsarme Verkehrssteuerung | 40% | -- |
| Siedlungsabfalldeponien | 50% | -- |
| Kläranlagen | 30% | -- |
| Trinkwasserversorgung: energieeffiziente Aggregate / systemische Optimierung | 30% / 20% | -- |
| Rechenzentren | 40% | 40% |
| Weitere Investive Maßnahmen ⁶¹ | 40% | 40% |

5.3 KLIMAANPASSUNG IN SOZIALEN EINRICHTUNGEN

Die 2020 gestartete Förderrichtlinie „Klimaanpassungen in sozialen Einrichtungen“ des Bundesumweltministeriums (BMU) richtet sich an Kommunen, gemeinnützige Vereinigungen

sowie Organisationen und Unternehmen, die im Gesundheits- und Sozialwesen tätig sind. Im Mittelpunkt stehen Konzepte und Maßnahmen, um soziale Einrichtungen gegen die Folgen des Klimawandels wie Hitze, Starkregen oder Hochwasser zu wappnen.

⁶¹ Unter weitere investive Maßnahmen fällt u.a. die Anpassung oder der Rückbau ineffizienter zentraler Warmwassersysteme, der Austausch nicht regelbarer Pumpen (Schwimmbäder), der Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik in Verbindung mit einer Gebäudeleittechnik zur Gebäudeautomation, der Einbau außenliegender Verschattungsvorrichtungen (wenn dadurch eine aktive Kühlung verringert oder vermindert werden kann) sowie der Austausch von Elektrogeräten zur Erwärmung, Kühlung und Reinigung in Schul- und Lehrküchen, Fach- und Technikräumen sowie Kindertagesstätten.

In der Richtlinie werden drei wesentliche Förderschwerpunkte (FSP) unterschieden:

- ▶ FSP 1: Beratung und Erstellung von Konzepten zur Anpassung an den Klimawandel in sozialen Einrichtungen,
- ▶ FSP 2: Investive Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in sozialen Einrichtungen,
- ▶ FSP 3: Kampagnen und Weiterbildungsprogramme zur Sensibilisierung für den Umgang mit klimabedingten Belastungen im Bereich der Sozial- und Bildungsarbeit.

Es können mehrere Förderschwerpunkte gleichzeitig beantragt werden. Die Erstellung eines Anpassungskonzeptes (FSP 1) soll die Umsetzung von Maßnahmen (FSP 2) ermöglichen. Voraussetzung für die Beantragung von investiven Maßnahmen ist der Nachweis einer fachkundigen Beratung oder eines Anpassungskonzeptes.

Die jeweiligen Förderquoten sowie angestrebte Laufzeiten und Mindestsummen der Zuwendung sind Tabelle 5-4 zu entnehmen.

Förderfähige investive Maßnahmen an Gebäuden sind u.a.:⁶²

- ▶ Verschattung am Gebäude (z.B. Jalousien, Markisen, Roll- und Fensterläden sowie statischer Sonnenschutz),
- ▶ Fenster mit Sonnen-/ Wärmeschutzverglasung und Mehrfachverglasung,
- ▶ Hitzereduzierung durch bauliche Veränderungen unter besonderer Berücksichtigung innovativer Baumaterialien (z.B. Schaffung heller Oberflächen zur Reflexion), Erhöhen der Bauteilmasse (z.B. Leichtbauwände mit Phasenwechselmaterialien), Wärmedämmung und /oder Freilegen von massiven Bauteilen,
- ▶ Befeuchtungsanlagen zur adiabatischen Kühlung von Außenanlagen,

- ▶ Dach- und Fassadenbegrünung am Gebäude.

Förderfähige investive Maßnahmen im Gebäude sind u.a.:

- ▶ Anlagen zur passiven Raumkühlung,
- ▶ Anlagen zur Belüftung oder Raumluftreinigung in medizinischen Einrichtungen,
- ▶ Errichtung von Cooling Centres für vulnerable Personengruppen,
- ▶ Nachrüstung einer Wärmerückgewinnung in bestehende raumlufttechnische Anlagen,
- ▶ Beschaffung von Kühlwesten und energieeffizienten Ventilatoren,
- ▶ Installation von leitungsgebundenen Trinkwasserspendern.

Des Weiteren können Maßnahmen im Umfeld von Gebäuden wie die Verschattung von Aufenthaltsbereichen, die Straßen- und Hofbegrünung, die Entsiegelung von Flächen oder die Schaffung von Verdunstungsflächen, klimaangepassten Multifunktionsflächen und Schutzbarrieren gegen eindringendes Wasser gefördert werden. Eine vollständige Ausführung ist der Förderrichtlinie zu entnehmen.

Anträge können während bestimmter Förderfenster gestellt werden. Das erste Förderfenster wurde im Dezember 2020 geschlossen. Das nächste Antragsfenster liegt voraussichtlich im Frühjahr 2022. Das Förderprogramm hat eine Laufzeit bis 2023.

Die Kumulierung mit anderen Förderprogrammen des Bundes ist ausgeschlossen. Die Kumulierung mit Drittmitteln oder Förderungen Dritter (z.B. Zuschussförderungen aus EU- oder Länderförderprogrammen) ist möglich, wenn dem keine beihilferechtlichen Vorgaben entgegenstehen und eine angemessene Eigenbeteiligung durch Eigenmittel erfolgt.

⁶² Voraussetzung ist, dass der Bauantrag für betreffende Gebäude vor dem 1.10.2007 gestellt wurde (gilt nicht für Dach- und Fassadenbegrünung)



Tabelle 5-4: Übersicht über Mindestsummen, Laufzeiten und Förderquoten der Förderschwerpunkte im Rahmen der Förderrichtlinie „Klimaanpassungen in sozialen Einrichtungen“

| | Förderschwerpunkt | | |
|---|------------------------------|--|-------------------|
| | FSP 1 | FSP 2 | FSP 3 |
| Mindestsumme der beantragten Zuwendung | 10.000 € | 5.000 € bzw. 50.000 € ⁶³ | 20.000 € |
| Laufzeit Vorhaben / Abschluss des Vorhabens | 6 Monate / bis 01.07.2023 | 15 Monate / bis 01.07.2023 | Bis 01.07.2023 |
| Maximale Förderquoten | | | |
| Juristische Personen des öffentlichen Rechts mit nicht wirtschaftlicher Betätigung (insb. Kommunen) ⁶⁴ | 90% | 80% | 80% |
| Finanzschwache Kommunen & gemeinnützige Personen des Privatrechts (z.B. Wohlfahrtsverbände) | 90% | 90% | 90% |
| Juristische Personen des öffentlichen Rechts & des Privatrechts mit wirtschaftlicher Betätigung | 75% | 75% | 75% |
| Staatliche & staatlich anerkannte Hochschulen & öffentlich grundfinanzierte Forschungseinrichtungen | -- | -- | 85% |

5.4 BUNDESFÖRDERUNG ENERGIEBERATUNG FÜR NICHTWOHN- GEBÄUDE, ANLAGEN UND SYSTEME (EBN)

Das Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ ersetzt die Richtlinien „Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen und gemeinnützigen Organisationen“ und „Energieberatung im Mittelstand“.

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften
- ▶ Kommunale Zweckverbände nach dem jeweiligen Zweckverbandsrecht (ausschließlich inländische)
- ▶ Gemeinnützige Organisationen & Religionsgemeinschaften
- ▶ Soziale & gesundheitliche Einrichtungen
- ▶ Kultureinrichtungen
- ▶ Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit < 250 Beschäftigte &

Jahresumsatz < 50 Mio. € oder Jahresbilanzsumme < 43 Mio. €

- ▶ Nicht-KMU (Gesamtenergieverbrauch max. 500.000 kWh)

Die Förderung kann unter Umständen mit anderen Förderungen (z.B. der Länder) kumuliert werden. Die maximale Förderquote darf 90% jedoch nicht übersteigen.

Das Programm gliedert sich in drei Module.

5.4.1 Modul 1: Energieaudit

In Modul 1 werden Energieaudits gefördert. Durch diese können Informationen über bestehende Energieverbrauchsprofile von Gebäuden, Betriebsabläufen oder industriellen/gewerblichen Anlage ermittelt und Möglichkeiten für wirtschaftliche Energieeinsparungen dargestellt werden.

Die Förderung beträgt 80% des Beratungshonorars, jedoch bei jährlichen Energiekosten von mehr als 10.000 € max. 6.000 € und bei

⁶³ Auf Grundlage einer einfachen Beratung bzw. auf Grundlage eines umfassenden Konzeptes



jährlichen Energiekosten von weniger als 10.000 € max. 1.200 €.

5.4.2 Modul 2: Energieberatung DIN 18599

In Modul 2 wird die Erstellung eines energetischen Sanierungskonzeptes für Nichtwohngebäude gefördert. Die Beratung kann entweder durch ein Konzept für eine Schritt für Schritt Sanierung mehrerer abgestimmter Maßnahmen (Sanierungsfahrplan) oder durch ein Konzept für eine umfassende Sanierung mit Ziel des Erreichens des Standards eines Energieeffizienzgebäudes des Bundes erfolgen. Eine Neubauberatung ist möglich, wenn das Ziel eines bundesgeförderten Effizienzhauses besteht.

Die Förderung beträgt 80% des förderfähigen Beratungshonorars, jedoch abhängig von der Grundfläche des Gebäudes max. 1.700 € für weniger als 200 m², max. 5.000 € von 200 m² bis 500 m² und max. 8.000 € für mehr als 500 m².

5.4.3 Modul 3: Contracting-Orientierungsberatung

In Modul 3 wird die Contracting-Orientierungsberatung mit Ziel eines Contracting- Modells mit vertraglicher Einspargarantie für geeignete Gebäude oder Gebäude-Pools gefördert.

Die Förderung beträgt 80% des Beratungshonorars, jedoch bei jährlichen Energiekosten von mehr als 300.000 € max. 10.000 € und bei jährlichen Energiekosten von weniger als 300.000 € max. 7.000 €.

5.5 WEITERE BUNDES-FÖRDER-PROGRAMME

5.5.1 Bundesförderung Corona-gerechte Um- und Aufrüstung von stationären raumluftechnischen Anlagen

Im Rahmen der „Bundesförderung Corona-gerechte Um- und Aufrüstung von stationären raumluftechnischen Anlagen“ werden Maßnahmen an bestehenden stationären, raumluftechnischen (RLT) Anlagen, die für die Zu- und Abführung sowie Verteilung der Luft mit einem im

Gebäude fest installierten Luftkanalsystem ausgestattet sind, gefördert, die dazu dienen, das Infektionsrisiko ausgehend von potenziell virus-beladenen Aerosolen durch unzureichende Lüftung in geschlossenen Räumen zu senken. Mindestens einer der über die Bestandsanlage versorgten Räume muss dabei regelmäßigen Personenansammlungen dienen und im Bestand mit einem Regelluftvolumenstrom von mindestens 400 m³/h versorgt werden.

Gefördert werden folgende Maßnahmen:

- ▶ Erwerb & Einbau von hochwertigen Filtern in bestehende Filterstufen zur Reinigung der Umluft (bis zu 3 vollständigen Filtersätzen),
- ▶ Maßnahmen zur Umluftvermeidung bzw. -reduzierung & zur Erhöhung des Frischluftanteils
- ▶ Maßnahmen zur Erhöhung der Frischluftzufuhr bei bestehenden reinen Zu-/ Abluftanlagen
- ▶ Umbauten an der RLT-Anlage zur Reinigung der Umluft durch Einbau infektionsschutzgerechter Filterstufen & Anlagen zur Luftdesinfektion
- ▶ Einbau von Steuerungs- und Regelungstechnik
- ▶ Erweiterung einer bestehenden RLT-Anlage durch nachträgliche Anbindung einzelner notwendiger Nebenräume
- ▶ Maßnahmen zur Optimierung der Lüftungsströmung in den Räumen, die von einer RLT-Anlage versorgt werden
- ▶ Erstellung eines Konzepts zur infektionsschutzgerechten Lüftung.

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Länder und Kommunen
- ▶ Unternehmen, Universitäten, Hochschulen, Träger öffentlicher Einrichtungen, institutionelle Zuwendungsempfänger (wenn diese min. zu 50% durch Bund, Länder oder Kommunen finanziert werden)
- ▶ Allgemein- & berufsbildende Schulen (nach 6b der Richtlinie),
- ▶ Medizinische Einrichtungen und Pflegeeinrichtungen (nach 6c/d der Richtlinie)



- ▶ Inklusionsbetriebe, Werkstätten, Einrichtungen der Behindertenhilfe, medizinische Behandlungszentren oder Blindenwerkstätten (nach 6e der Richtlinie)
- ▶ Tageseinrichtungen der Kinder- & Jugendhilfe (nach 6f der Richtlinie)

Gefördert werden die Investitionsausgaben sowie die Ausgaben für Planung und Montage in Höhe von bis zu 80% der förderfähigen Ausgaben. Das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen liegt bei Filtermaßnahmen sowie bei Maßnahmen zur Erhöhung des Frischluftanteils bzw. der Frischluftzufuhr bei 2.000 € und bei anderen förderfähigen Maßnahmen bei 5.000€. Die maximale Förderung beträgt 200.000 € pro RLT-Anlage.

5.5.2 BAFA: Kälte- und Klima-Anlagen

Das BAFA fördert im Rahmen der „Richtlinie zur Förderung von Kälte- und Klimaanlage mit nicht-halogenierten Kältemitteln in stationären und Fahrzeug-Anwendungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative“ (Kälte-Klima-Richtlinie) vom 27.08.2020 stationäre Kälte- und Klimaanlage sowie Fahrzeug-Klimaanlagen in Bussen und Schienenfahrzeugen, die mit nicht-halogenierten Kältemitteln betrieben werden.

Antragsberechtigt für stationäre Anlagen sind:

- ▶ Unternehmen
- ▶ Gemeinnützige Organisationen
- ▶ Kommunen
- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften
- ▶ Zweckverbände und Eigenbetriebe

- ▶ Hochschulen und Schulen
- ▶ Krankenhäuser
- ▶ Kirchliche Einrichtungen

Der Antragsteller muss entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem sich die Anlage befindet, oder ein vom Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks beauftragter Contractor sein.

Die Höhe der Förderung ist projektabhängig, beträgt jedoch maximal 50% der förderfähigen Kosten bzw. maximal 150.00 € pro Maßnahme.

5.5.3 Bundesförderung Wärmenetze 4.0

Die „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (Wärmenetzsysteme 4.0) fördert innovative Wärmenetzsysteme mit einem überwiegenden Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme. Die Förderung ist in vier Fördermodule gegliedert, die in Tabelle 5-5 dargestellt sind.

Antragsberechtigt für die Module I bis III sind:

- ▶ Unternehmen,
- ▶ Kommunen (wirtschaftlich tätig)
- ▶ kommunale Betriebe / Zweckverbände
- ▶ eingetragene Vereine / Genossenschaften

In Modul IV wird die wissenschaftliche Begleitung in Kooperation mit Antragstellern aus Modul II gefördert. Antragsberechtigt sind hierfür Einrichtungen für Forschung, Wissenschaft und Wissensverbreitung.

Die Antragsstellung für die Fördermodule kann bis zum 31.12.2022 gestellt werden.

Tabelle 5-5: Übersicht über die Bundesförderung Wärmenetze 4.0

| | Modul I | Modul II | Modul III | Modul IV |
|-------------------------|---|---|---|---|
| <i>Fördergegenstand</i> | <i>Machbarkeitsstudie</i> | <i>Realisierung</i> | <i>Informationsmaßnahmen</i> | <i>Capacity Building</i> |
| <i>Förderquote</i> | <i>bis 60%</i> <i>(max. 600.000 €)</i> | <i>bis 50%</i> <i>(max. 15 Mio. €)</i> | <i>bis 80%</i> <i>(max. 200.000 €)</i> | <i>bis 100%</i> <i>(max. 1 Mio. €)</i> |



5.5.4 KfW: Zuschuss Brennstoffzelle

Das KfW-Programm „Energieeffizientes Bauen und Sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle“ (433) fördert den Einbau von stationären Brennstoffzellen in neuen oder bestehenden Wohn- und Nichtwohngebäuden in den Leistungsklassen von 0,25 bis 5,0 kW. Gefördert werden Kosten für Brennstoffzellensysteme und deren Einbau, Vollwartungsverträge in den ersten 10 Jahren und Leistungen von Energieeffizienzexperten.

Der Zuschuss beträgt bis zu 40% der förderfähigen Gesamtkosten und abhängig von der elektrischen Leistung max. 34.300 € (6.800 € Grundbetrag plus 550 € je 100 Watt Leistung).

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Natürliche Personen
- ▶ Wohnungseigentümergeinschaften
- ▶ Freiberuflich Tätigen
- ▶ In- & ausländische Unternehmen
- ▶ Contracting-Geber
- ▶ Kommunen
- ▶ Kommunale Unternehmen & kommunalen Zweckverbände
- ▶ Körperschaften & Anstalten des öffentlichen Rechts, z.B. Kammern/Verbände
- ▶ Gemeinnützige Organisationen & Kirchen

Die Kombination mit weiteren Förderungen aus Mitteln des Bundes wie Krediten, Zulagen und Zuschüssen ist nicht möglich.

5.5.5 KfW: Erneuerbare Energien Premium

Im Rahmen der KfW-Förderung „Erneuerbare Energien Premium“ (271) werden Investitionen zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien im Rahmen eines Kredits mit Tilgungszuschuss gefördert.

Zu diesen gehören:

- ▶ Solarkollektoranlagen (> 40 m²)
- ▶ Große Anlagen zur Verbrennung fester Biomasse
- ▶ Wärmenetze
- ▶ Biogasleitungen (> 300 m)
- ▶ Wärmespeicher (> 10 m³)
- ▶ Effiziente Wärmepumpen (> 100 kW)

- ▶ KWK-Biomasse-Anlagen (> 100 kW)
- ▶ Anlagen für die Erschließung von Tieftengeothermie (> 400 m Bohrtiefe)

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Unternehmen
- ▶ Privatpersonen und Freiberufler
- ▶ Landwirte
- ▶ Kommunen und kommunale Gebietskörperschaften & Gemeindeverbände
- ▶ Gemeinnützige Antragssteller & Genossenschaften
- ▶ Contractoren

Die Förderung ist projektabhängig. Der Kreditbeitrag beträgt max. 25 Mio. €, der Tilgungszuschuss bis zu 50%.

Die Kombination mit anderen öffentlichen Fördermitteln ist unter Beachtung der beihilferechtlichen Vorgaben möglich.

5.5.6 KfW: Energetische Stadtsanierung - Zuschuss

Mit der Förderung „Energetische Stadtsanierung – Zuschuss“ (432) werden Maßnahmen, mit denen die Energieeffizienz im Quartier erhöht wird gefördert. Dazu gehört die Erstellung eines Quartierskonzepten (Ausgangsanalyse, Erarbeitung konkreter Maßnahmen, Erfolgskontrolle, Zeitplan, Mobilisierung der Akteure, Information, Beratung und Öffentlichkeitsarbeit) sowie ein Sanierungsmanagement (Planung der Konzeptumsetzung, Aktivierung und Vernetzung von Akteuren, Koordination und Kontrolle der Maßnahmen, Ansprechpartner für Finanzierung und Förderungen). Die Förderung richtet sich an bestehende Quartiere (min. 20% Bestandsgebäude).

Antragsberechtigt sind kommunale Gebietskörperschaften und deren rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe. Die Zuschüsse können an privatwirtschaftliche oder gemeinnützige Akteure weitergegeben werden.

Der Zuschuss beträgt für Quartierskonzepte 75% der förderfähigen Kosten. Für das Sanierungsmanagement können Personal- und Sachkosten mit 75%, max. jedoch 210.000 € pro Quartier, gefördert werden. Bei einer



Verlängerung kann auf bis zu 350.000 € aufgestockt werden.

5.5.7 **IKK: Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung**

Mit der Förderung „Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung“ (201) werden nachhaltige Investitionen in die Energieeffizienz kommunaler Wärme-, Kälte-, Wasser- und Abwassersysteme im Quartier, Maßnahmen zur Anreizsetzung für die Nutzung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben und Investitionen in die Grüne Infrastruktur durch einen Kredit mit bis zu 40% Tilgungszuschuss gefördert.

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften & deren rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe
- ▶ Gemeindeverbände (wie kommunale Zweckverbände)

Gefördert werden unter anderem (Auszug):

- ▶ Anlagen zur Nutzung industrieller Abwärme
- ▶ Gebäudeübergreifende Wärme- & Kältespeicher
- ▶ Wärme- & Kältenetze im Quartier
- ▶ KWK-Anlagen zur Nutzung von Klär-/Faulgasen & zugehörige Komponenten
- ▶ Anlagen zur Wärmeengewinnung in öffentlichen Kanalsystemen, z.B. Wärmepumpen & Wärmetauscher
- ▶ Begrünung von Dach- und Fassadenflächen von öffentlichen Verwaltungsgebäuden zur Regenwasserrückhaltung oder Kühlung durch Verdunstung

Eine Kombination mit anderen öffentlichen Fördermitteln ist möglich. Die Inanspruchnahme anderer Fördermittel des Bundes für dieselbe Maßnahme ist jedoch nicht zulässig.

6 ANHANG

6.1 SIMULATIONSERGEBNISSE

In den nachfolgenden Tabellen ist eine Übersicht über die Simulationsergebnisse der

verschiedenen Sanierungsvarianten sowie des Ausgangsfalls zu finden.

Tabelle 6-1: Übersicht der Simulationsergebnisse

| Parameter | Ausgangsfall | SV1: Außenwand sanieren | SV2: Dach sanieren | SV3: Fenster austauschen | SV4: Beleuchtung austauschen |
|---|--------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten [€] | -- | 131.455 | 73.270 | 28.267 | 8.615 |
| Nutzungsdauer [a] | -- | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Dynamische Amortisation [a] ⁶⁵ | -- | -- | -- | 33 | 17 |
| Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh] | -- | 1,10 | 1,46 | 0,09 | 3,33 |
| Energiekosten im ersten Jahr [€/a] ⁶⁶ | 7.100 | 6.959 | 7.040 | 6.745 | 6.761 |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a] | -- | 140 | 60 | 354 | 339 |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%] | -- | 2,0 | 0,8 | 5,0 | 4,8 |
| jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a] | 92.973 | 90.593 | 91.969 | 86.888 | 92.922 |
| jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a] | -- | 2.381 | 1.005 | 6.086 | 52 |
| prozentuale Endenergieeinsparung [%] | -- | 2,6 | 1,1 | 6,5 | 0,1 |
| jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a] | 99.263 | 96.871 | 98.253 | 93.163 | 98.004 |
| jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a] | -- | 2.392 | 1.010 | 6.100 | 1.259 |
| prozentuale Primärenergieeinsparung [%] | -- | 2,4 | 1,0 | 6,1 | 1,3 |
| jährliche CO ₂ -Emissionen [kg/a] | 23.131 | 22.602 | 22.908 | 21.786 | 22.607 |

⁶⁵ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁶⁶ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

| Parameter | Ausgangsfall | SV1: Außenwand sanieren | SV2: Dach sanieren | SV3: Fenster austauschen | SV4: Beleuchtung austauschen |
|---|---------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| <i>jährliche CO₂-Vermeidung [kg/a]</i> | -- | 529 | 223 | 1.345 | 524 |
| <i>prozentuale CO₂-Vermeidung [%]</i> | -- | 2,3 | 1,0 | 5,8 | 2,3 |

Tabelle 6-2: Übersicht der Simulationsergebnisse

| Parameter | Ausgangsfall | SV5: Hydr. Abgleich | SV6: PV-Anlage | Vorschlag | BEG EG 100 |
|--|--------------|---------------------|----------------|-----------|------------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten [€] | -- | 3.350 | 38.571 | 50.536 | 283.528 |
| Nutzungsdauer [a] | -- | 10 | 20 | 20 | 35 |
| Dynamische Amortisation [a] ⁶⁷ | -- | -- | 10 | 12 | 40 |
| Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh] | -- | 0,27 | 0,18 | 0,19 | 0,36 |
| Energiekosten im ersten Jahr [€/a] ⁶⁸ | 7.100 | 7.022 | 7.165 | 6.680 | 6.143 |
| Energiekosten inkl. Nutzerstrom im ersten Jahr [€/a] ⁶⁹ | 7.100 | -- | 3.774 | 3.290 | 2.753 |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a] | -- | 78 | 3.325 | 3.810 | 4.347 |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%] | -- | 1,1 | 46,8 | 53,7 | 61,2 |
| jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a] | 92.973 | 91.737 | 94.284 | 91.628 | 82.469 |
| jährlicher Endenergiebedarf inkl. Nutzerstrom [kWh/a] ⁶⁹ | 92.973 | -- | 82.177 | 79.521 | 70.362 |
| jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a] | -- | 1.236 | 10.797 | 13.453 | 22.611 |
| prozentuale Endenergieeinsparung [%] | -- | 1,3 | 11,6 | 14,5 | 24,3 |
| jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a] | 99.263 | 98.003 | 89.936 | 87.140 | 78.048 |
| jährlicher Primärenergiebedarf inkl. Nutzerstrom [kWh/a] ⁶⁹ | 99.263 | -- | 78.743 | 74.894 | 54.161 |

⁶⁷ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁶⁸ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

⁶⁹ Im Rahmen der energetischen Untersuchung nach GEG wird für Nichtwohngebäude lediglich der Energiebedarf des Gebäudes betrachtet, kein Nutzerstrom. Für die Dimensionierung einer PV-Anlage ist die zusätzliche Berücksichtigung des Nutzerstroms jedoch sinnvoll. Daher ist für alle Varianten, die eine PV-Anlage enthalten, zusätzlich ein jährlicher Endenergiebedarf inklusive des abgeschätzten Nutzerstroms aufgeführt. Auf diesem basierend werden die Angaben zur dynamischen Amortisationszeit, dem Kosten/Nutzen-Faktor, der Primärenergie und der CO₂-Emissionen und den Energiekosten angepasst. Dieses Vorgehen weicht von den Vorgaben gemäß GEG §23 Abs 2 ab. Hier wird durch den Einsatz von PV-Strom der Endenergiebedarf nicht reduziert.

| Parameter | Ausgangsfall | SV5: Hydr. Abgleich | SV6: PV-An- lage | Vorschlag | BEG EG 100 |
|--|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|
| jährliche Primärener- gieeinsparung [kWh/a] | -- | 1.260 | 20.520 | 24.369 | 45.102 |
| prozentuale Primär- energieeinsparung [%] | -- | 1,3 | 20,7 | 24,5 | 45,4 |
| jährliche CO ₂ -Emissio- nen [kg/a] | 23.131 | 22.849 | 21.797 | 20.891 | 18.863 |
| jährliche CO ₂ -Emissio- nen inkl. Nutzerstrom [kg/a] ⁶⁹ | 23.131 | | 16.623 | 15.532 | 9.911 |
| jährliche CO ₂ -Vermei- dung [kg/a] | -- | 282 | 6.508 | 7.599 | 13.220 |
| prozentuale CO ₂ -Ver- meidung [%] | -- | 1,2 | 28,1 | 32,9 | 57,2 |

6.2 BAUTEILLISTE

In den folgenden Abschnitten und Tabellen werden die für die Simulation angesetzten Bauteile

und Bauteilflächen der jeweiligen Zonen aufgeführt.

6.2.1 Zone Verkehrsfläche

Tabelle 6-3: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Fußboden | 38,46 | 38,46 | 0,27 | 0,3 |
| AW N Beheizt | 4,23 | 2,00 | 0,27 | -- |
| RS Tür Flur | | 2,23 | 2,5 | 1,80 |
| AW S | 11,22 | 3,79 | 0,28 | 0,24 |
| Holztür Flur | | 2,30 | 2,9 | 1,80 |
| Fenster vert. für Holztür Flur | | 3,66 | 1,8 | 1,30 |
| Fenster hor. für Holztür Flur | | 1,48 | 1,8 | 1,30 |
| Decke andere Bereiche | 26,25 | 25,61 | 0,16 | 0,20 |
| Lichtkuppel | | 0,64 | 1,8 | 1,40 |
| AW S | 15,97 | 15,97 | 0,28 | 0,24 |
| Thermische Hüllfläche | | 53,44 | | |

6.2.2 Zone Turnhalle

Thermisch nicht relevante Bauteile wurden in grauer Kursivschrift dargestellt

Tabelle 6-4: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| AW N Beheizt | 156,01 | 145,29 | 0,27 | -- |
| Tür klein Turnhalle | | 5,14 | 3,0 | 1,80 |
| Tür klein Turnhalle | | 5,58 | 3,0 | 1,80 |
| AW O | 96,77 | 96,77 | 0,27 | -- |
| AW S | 103,23 | 58,25 | 0,28 | 0,24 |
| Turnhallenfenster | | 33,26 | 1,8 | 1,30 |
| Fenster an Tür Turnhalle | | 4,68 | 1,8 | 1,30 |
| Turnhalle doppelt | | 4,46 | 3,0 | 1,80 |
| Tür klein Turnhalle | | 2,57 | 3,0 | 1,80 |
| AW N Außenluft | 19,51 | 19,51 | 0,28 | 0,24 |
| Turnhallenboden | 428,49 | 428,49 | 0,30 | 0,3 |
| Decke | 428,49 | 428,49 | 0,15 | 0,24 |
| Thermische Hüllfläche | | 551,23 | | |

6.2.3 Zone Sanitärräume

Tabelle 6-5: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| AW N Beheizt | 8,26 | 8,26 | 0,27 | -- |
| Fußboden | 16,29 | 16,29 | 0,27 | 0,3 |
| AW W | 18,00 | 15,41 | 0,28 | 0,24 |
| Sandwich | | 2,59 | 1,8 | 1,30 |
| Decke andere Bereiche | 27,30 | 25,38 | 0,16 | 0,20 |
| Lichtkuppel | | 1,92 | 1,8 | 1,40 |
| Sandwichwandfenster | 0,85 | 0,85 | 1,16 | 0,24 |
| Thermische Hüllfläche | | 46,15 | | |

6.2.4 Zone Lager/Technik/Archiv

Tabelle 6-6: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

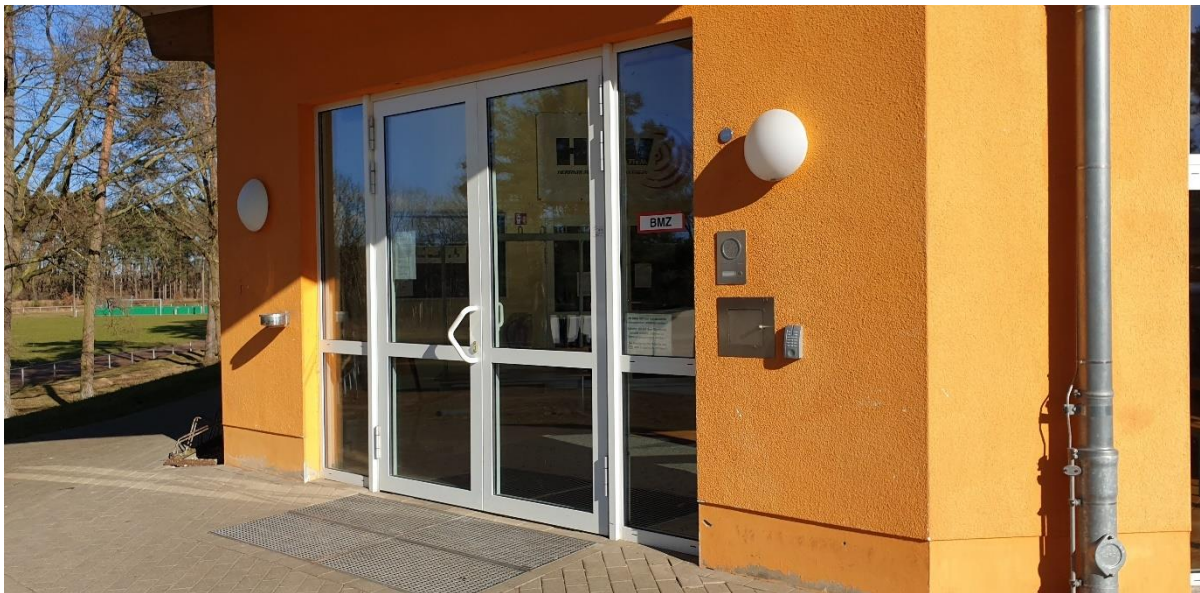
| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| AW W Stahlbeton | 14,50 | 14,50 | 0,28 | 0,24 |
| AW O Stahlbeton | 14,50 | 14,50 | 0,28 | 0,24 |
| AW S | 48,35 | 36,74 | 0,28 | 0,24 |
| Tor EG Lager | | 5,65 | 3,0 | -- |
| Lager Klein | | 5,96 | 1,8 | 1,30 |
| Fußboden | 200,33 | 200,33 | 0,27 | 0,3 |
| Decke andere Bereiche | 110,94 | 110,94 | 0,16 | 0,20 |
| AW W | 41,90 | 36,71 | 0,28 | 0,24 |
| EG Technik/Lager | | 5,19 | 1,8 | 1,30 |
| Decke andere Bereiche | 2,93 | 2,93 | 0,16 | 0,20 |
| Thermische Hüllfläche | | 233,12 | | |

6.2.5 Zone Nebenfläche ohne Aufenthalt

Tabelle 6-7: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Fußboden | 13,95 | 13,95 | 0,27 | 0,3 |
| AW W | 39,74 | 32,19 | 0,28 | 0,24 |
| Umkleide Groß | | 7,56 | 1,3 | 1,30 |
| AW N Außenluft | 14,41 | 11,80 | 0,28 | 0,24 |
| Umkleide Klein | | 2,61 | 1,3 | 1,30 |
| AW N Beheizt | 21,43 | 21,43 | 0,27 | -- |
| Decke andere Bereiche | 88,38 | 88,38 | 0,16 | 0,20 |
| AW S | 20,35 | 19,04 | 0,28 | 0,24 |
| Umkleide Klein | | 1,31 | 1,3 | 1,30 |
| Thermische Hüllfläche | | 162,88 | | |

**Beratungsbericht zur energetischen Betrachtung
im Rahmen der BAFA-Energieberatung für Kommunen
und gemeinnützige Organisationen nach der Richtlinie
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie
vom Dezember 2019**



Objekt:

Sporthalle Wahrsow

Hauptstraße 21

23923 Wahrsow

Energieberater:

M.Sc Klaus Reiß

K. Reiß

Schwerin, 11.11.2021

Förderprojekt

Die Erstellung des Beratungsbericht zur energetischen Betrachtung ist im Rahmen der BAFA-Energieberatung für Kommunen und gemeinnützige Organisationen nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom Dezember 2019 gefördert worden.

Projektpartner

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit dem Amt Schönberger Land und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

Auftraggeber

Amt Schönberger Land
Fachbereich IV Bauen und Gemeindeentwicklung
Am Markt 15
23923 Schönberg
Tel: +49 038828/330-1405
Ansprechpartner: Christoph Kappel

Auftragnehmer

energielenker projects GmbH
Zum Kirschenhof 62a
19057 Schwerin
Tel.: +49 385 303090-44
Ansprechpartner: Klaus Reiß

Lesehinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Bericht bei Personenbezeichnungen in der Regel die maskuline Form verwendet. Diese schließt jedoch gleichermaßen die feminine Form mit ein. Die Leserinnen und Leser werden dafür um Verständnis gebeten.

INHALT

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Einleitung & zusammenfassende Darstellung | 4 |
| 1.1 | Vorgehen..... | 4 |
| 1.2 | Empfohlene Sanierungsschritte..... | 4 |
| 1.3 | Tabellarische Gesamtübersicht | 5 |
| 1.4 | Endenergie- & Kosteneinsparung | 6 |
| 1.5 | Gesamteffizienz und Klimaschutz..... | 7 |
| 2 | Ausgangssituation | 9 |
| 2.1 | Zonierung..... | 10 |
| 2.2 | Verbrauch & Emissionen..... | 11 |
| 2.3 | Bedarfskennwerte..... | 13 |
| 2.4 | Energiebedarfe im Ist- und Referenzgebäude..... | 14 |
| 2.5 | Gebäudehülle | 17 |
| 2.6 | Anlagentechnik | 20 |
| 2.7 | Randbedingungen Ökonomie | 23 |
| 3 | Sanierungsvarianten | 25 |
| 3.1 | Übersicht Sanierungsvarianten..... | 25 |
| 3.2 | SV1: Dach sanieren..... | 26 |
| 3.3 | S2:Fenster und Oberlichter Austauschen | 28 |
| 3.4 | SV3: Außenwand sanieren | 30 |
| 3.5 | SV4: Fußboden sanieren | 32 |
| 3.6 | SV5: LED-Beleuchtung..... | 34 |
| 3.7 | SV6: Solarthermie-Anlage | 36 |
| 3.8 | SV7: PV-Anlage | 38 |
| 3.9 | Vorschlag | 41 |
| 4 | Fazit | 43 |
| 5 | Fördermittel | 45 |
| 5.1 | Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)..... | 45 |
| 5.2 | Die Kommunalrichtlinie | 47 |
| 5.3 | Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen | 49 |
| 5.4 | Bundesförderung Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN) | 51 |
| 5.5 | Weitere Bundes-Förderprogramme | 52 |
| 6 | Anhang | 56 |
| 6.1 | Simulationsergebnisse..... | 56 |
| 6.2 | Bauteilliste | 60 |

1 EINLEITUNG & ZUSAMMENFASSENDER DARSTELLUNG

Der vorliegende Beratungsbericht befasst sich mit der Erstellung eines Sanierungsfahrplans im Rahmen der Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie für die Sporthalle Wahrsow des Amt Schönberger Land.

Mit der Novelle des Klimaschutzgesetzes wurden die Klimaschutzziele im Mai 2021 verschärft. Über alle Sektoren hinweg sollen die CO₂-Emissionen im Vergleich zum Bezugsjahr 1990 um mindestens 65 % bis 2030 und um mindestens 88 % bis 2040 reduziert werden. Bis 2045 soll die Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden. Im Gebäudesektor sieht das Gesetz vor, dass die CO₂-Emissionen bundesweit von aktuell 118 Mio. t (2020) auf 67 Mio. t (2030) gesenkt werden müssen.

Der Gebäudesektor ist geprägt von den langen Nutzungszeiten der Gebäude und Bauteile (häufig mehr als 50 Jahre) und der Anlagentechnik (häufig ca. 20 Jahre). Vor diesem Hintergrund ist erkennbar, dass bereits jetzt das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045 eine wichtige Rolle bei der Sanierung von Gebäuden spielen muss. Dieses Ziel wurde in Absprache mit dem Amt Schönberger Land bei der Erstellung des Beratungsberichts berücksichtigt.

1.1 VORGEHEN

Für die Erstellung des Beratungsberichts erfolgte eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan. Anschließend wurde das Gebäude im Ist-Zustand simuliert. Die Simulation erfolgte - wenn nicht anders angegeben - anhand der Randbedingungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)¹ und der DIN V 18599.

Auf Basis der Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich

der Energiekosteneinsparung, des Energieverbrauchs- und der Emissionsreduzierung sowie der Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit betrachtet und beschrieben.

Hinweis

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten.

Die Berechnungen in diesem Bericht beziehen sich auf die energetischen Sanierungsmaßnahmen. Es handelt sich um einen energetischen Beratungsbericht mit Handlungsempfehlung, der keine Planungsleistung darstellt. Die vorliegenden Ergebnisse geben somit vor allem eine Indikation für die Vorteilhaftigkeit der Varianten wieder. Bei der Umsetzung der Maßnahmen müssen Fachplaner sowie statische Gutachter und erfahrene Bauphysiker miteinbezogen werden.

1.2 EMPFOHLENE SANIERUNGSSCHRITTE

Für das Gebäude werden die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen in genannter Reihenfolge empfohlen:

- ▶ SV5: LED-Beleuchtung
- ▶ SV6: Solarthermie
- ▶ SV7: PV-Anlage

Die aufgeführten Maßnahmen können durch die Bundesförderung für effiziente Gebäude gefördert werden. Details zur Förderung sind den detaillierten Beschreibungen der Sanierungsvarianten in Abschnitt 3 zu entnehmen.

¹ Zu finden unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

1.3 TABELLARISCHE GESAMTÜBERSICHT

In Tabelle 1-1 sind als wesentliche Merkmale der verschiedenen Sanierungsvarianten die ermittelten Investitionskosten, die zu erwartende Amortisationszeit sowie die möglichen Einsparungen von CO₂-Emissionen, Energiekosten und der Endenergie aufgeführt. Für die realitätsnahe Auslegung einer PV-Anlage wurde abweichend von den Berechnungen nach GEG und DIN 18599 der Nutzerstrom überschlägig berücksichtigt. Sanierungsvarianten, die eine PV-

Anlage enthalten beziehen diesen Anteil deshalb mit ein. Eine detaillierte Beschreibung sowie die vollständigen Berechnungsergebnisse sind in Abschnitt 3 sowie im Anhang zu finden.

Die dargestellte Amortisationszeit bezieht sich auf die energetischen Mehrkosten und berücksichtigen keine Fördermittel. Mögliche Förderungen und sich daraus ergebende Amortisationszeiten können den detaillierten Beschreibungen der Sanierungsvarianten in Abschnitt 3 entnommen werden.

Tabelle 1-1: Darstellung des berechneten Ausgangsfalls sowie der geschätzten Investitionskosten, berechneten Amortisationszeiten und der Einsparungen von CO₂-Emissionen, Energiekosten und Endenergie in den Sanierungsmaßnahmen

| | | | CO ₂ - Emissionen [kg/a] | Energiekosten [€/a] | Endenergie [kWh/a] |
|---------------------|--|--|---|------------------------|-----------------------|
| Ausgangsfall | | | 89.098 | 28.037 | 350.140 |

| Maßnahmen | Energetische Mehrkosten ² [€] | Amortisation ³ [a] | CO ₂ - Einsparung [kg/a] | Einsparung Energiekosten [€/a] | Einsparung Endenergie [kWh/a] |
|---|--|----------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|
| SV1: Dach sanieren | 170.923 | 26 | 9.676 (9,0%) | 3.499 | 32.770 (8,5%) |
| SV2: Fenster und Oberlichter austauschen | 91.265 | 1 | 4.530 (4,2%) | 1.889 | 12.444 (3,2%) |
| SV3: Außenwand sanieren | 181.942 | -- | 1.129 (1,0%) | 405 | 3.862 (1,0%) |
| SV4: Fußboden sanieren | 157.539 | -- | 953 (0,9%) | 294 | 3.816 (1,0%) |
| SV5: LED-Beleuchtung | 67.068 | 20 | 3.435 (3,2%) | 2.117 | 1.516 (0,4%) |
| SV6: Solarthermie-Anlage | 9.100 | 9 | 3.291 (3,0%) | 807 | 15.584 (4,1%) |

² Es handelt sich um die energetisch bedingten Mehrkosten. Diese sind niedriger als die gesamten Investitionskosten, da die Sowieso-Kosten (z.B. Instandhaltungskosten) abgezogen werden.

³ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten und ohne Ansatz einer Förderung.

| | | CO ₂ - Emissionen [kg/a] | Energiekosten [€/a] | Endenergie [kWh/a] | |
|---------------------|--|---|---|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Ausgangsfall | | 89.098 | 28.037 | 350.140 | |
| Maßnahmen | Energetische Mehrkosten ² [€] | Amortisation ³ [a] | CO ₂ - Einsparung [kg/a] | Einsparung Energiekosten [€/a] | Einsparung Endenergie [kWh/a] |
| SV7: PV-Anlage | 40.572 | 11 | 6.269 (7,0%) | 3.135 | 11.196 (3,2%) |
| Vorschlag | 116.740 | 14 | 13.001 (14,6%) | 6.059 | 28.320 (8,1%) |

1.4 ENDENERGIE- & KOSTENEIN- SPARUNG

Nachfolgend werden der berechnete Endenergiebedarf im Ausgangsfall und die verringerten Bedarfe nach der Maßnahmenumsetzung dargestellt, welche durch die untersuchten Sanierungsvarianten am Gebäude und der Anlagentechnik erwartet werden können (Abbildung 1-1).

Zusätzlich sind die prognostizierten Energiekosten bzw. die Energiekosteneinsparungen aufgeführt (Abbildung 1-2).

Maßnahmen, die eine PV-Anlage beinhalten, beziehen sich auf die berechneten Bedarfe zuzüglich des abgeschätzten Nutzerstromanteils und sind deshalb farblich abgehoben dargestellt.

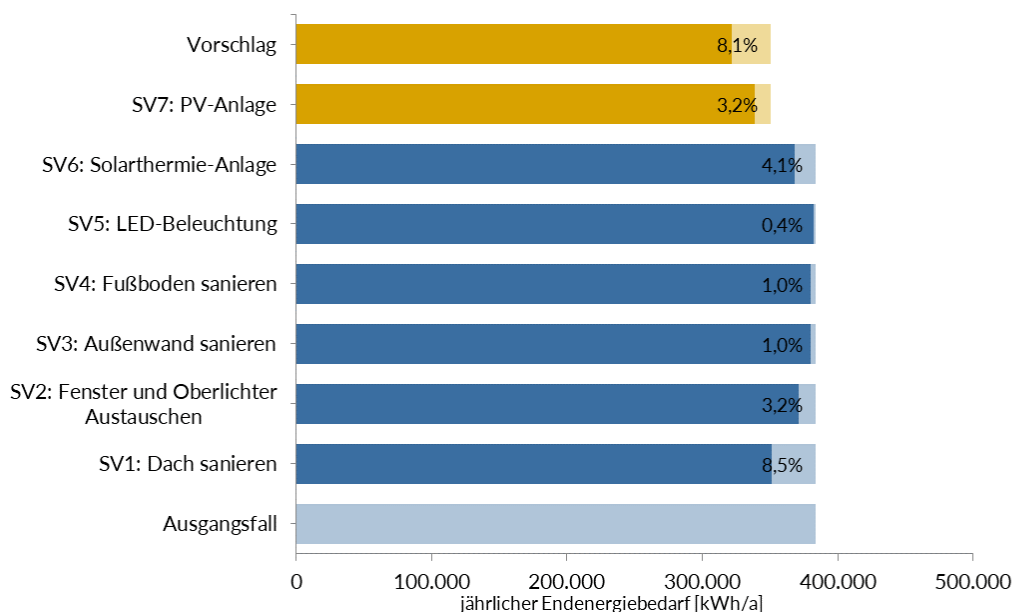


Abbildung 1-1: Endenergiebedarf und Einsparungen Endenergie im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kWh/a]

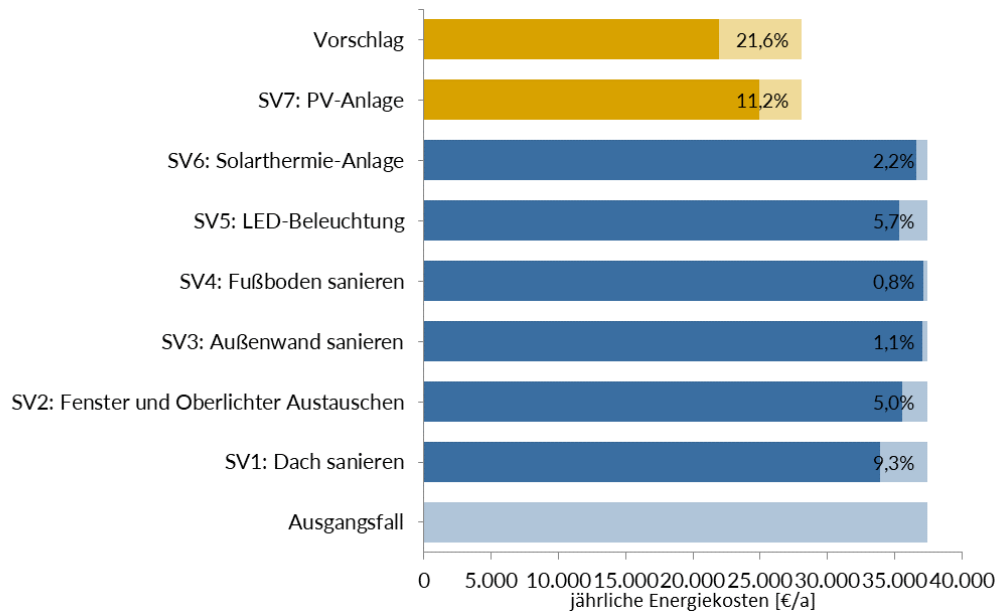


Abbildung 1-2: Energiekosten und Energiekosteneinsparungen im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [€/a]

1.5 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

Wie in der Einleitung dieses Berichtes bereits umrissen wurde, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO₂-Emissionen und Primärenergie.

Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn ein möglichst großer Anteil fossiler

Energieträger eingespart wird. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO₂-Ausstoß. Neben der CO₂-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO_x, SO₂ und Staub belastet.

In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie (Abbildung 1-3) und CO₂-Emissionen (Abbildung 1-4) nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt.

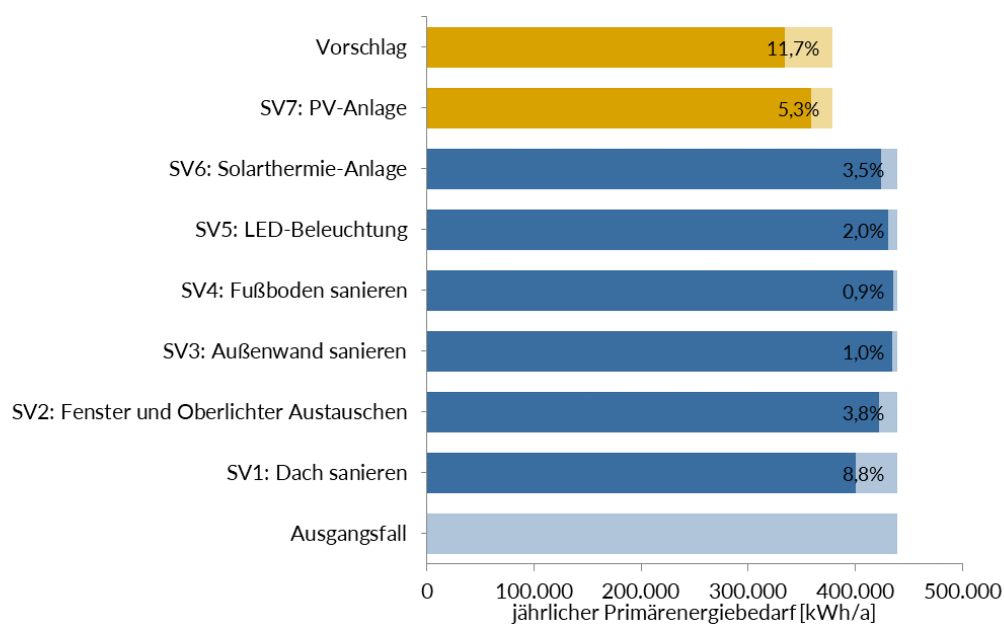


Abbildung 1-3: Primärenergiebedarf und Einsparung Primärenergiebedarf im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kWh/a]

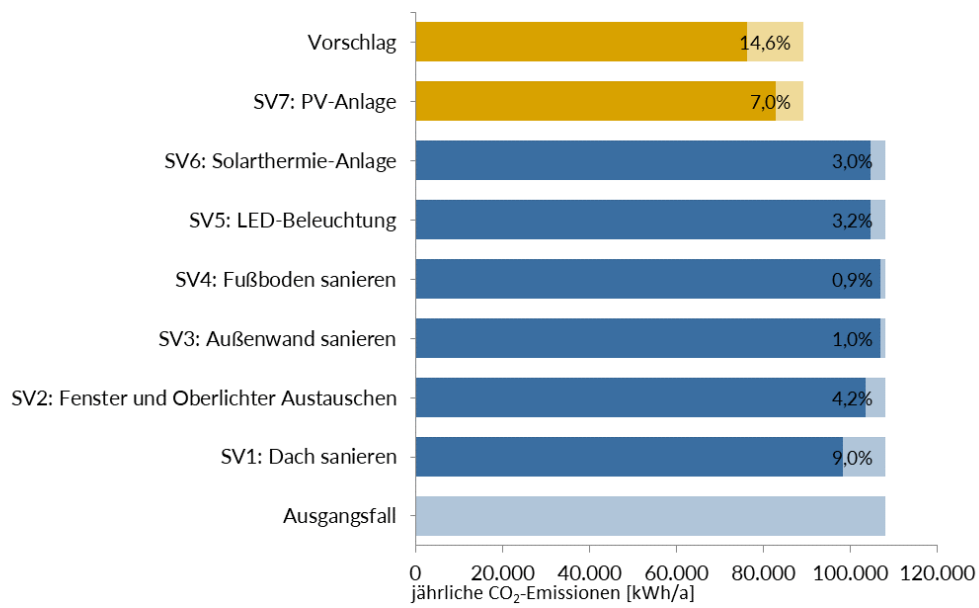


Abbildung 1-4: CO₂-Emissionen und Einsparungen CO₂-Emissionen im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kg/a]

2 AUSGANGSSITUATION

Abbildung 2-1 zeigt ein Luftbild des untersuchten Gebäudes. Es handelt sich dabei um die Sporthalle der Regionalen Schule mit Grundschule Lüdersdorf. Das Gebäude besteht aus der Turnhalle, welche von angrenzenden Lagerräumen, sowie Umkleide-, Sanitär- und Nebenflächen umringt wird.

Die Turnhalle befindet sich in einem guten Zustand. Das Gebäude wurde 2009 erst errichtet und ist nicht sanierungsbedürftig.

Das Gebäude wird täglich innerhalb des Schulalltags, sowie für Vereinssport und Veranstaltungen genutzt.

Es wird von einem Gas-Brennwertkessel (2009) beheizt. Ein Speicher ist vorhanden. Der Kessel wird von einer RLT-Anlage mit Heizfunktion und Wärmerückgewinnung unterstützt.

Die vorhandene Anlagentechnik befindet sich in einem guten Zustand und benötigt keine Betrachtung.

Die wichtigsten Gebäudedaten werden nachfolgend in Tabelle 2-1 dargestellt.



Abbildung 2-1: Luftbild des Gebäudes⁴

⁴ Von maps.google.de
Beratungsbericht Sporthalle Wahrswow

Tabelle 2-1: Grundsätzliche Informationen zu dem untersuchten Gebäude

| Grunddaten | |
|---|------------|
| Gebäudetyp | Sporthalle |
| Baujahr | 2009 |
| Baujahr des Wärmeerzeugers | 2009 |
| Gebäudevolumen netto [m ³] | 10.595,5 |
| Gebäudenutzfläche [A _{NGF}] [m ²] | 1.951,3 |
| Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m ²] | 5.037,6 |
| Anzahl der Geschosse | 1 |

Anmerkung: Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.

2.1 ZONIERUNG

Für die Berechnung des Energiebedarfs in Anlehnung an die DIN 18599 wurde das Gebäude aufgrund der Nutzungen und der

Konditionierung in die in Tabelle 2-1 dargestellten Zonen unterteilt. Abbildung 2-2 zeigt den zonierten Grundriss des Gebäudes. Entsprechend der dargestellten Zonierung wurde das untersuchte Gebäude simuliert.

Tabelle 2-2: Zonierung, zugehörige Profile und Flächenanteile des untersuchten Gebäudes

| Zone | Nutzungsprofil ⁵ | Konditionierung | | | | | Nettogrundfläche | |
|--------|-----------------------------|-----------------|------------|-------------|-----|---------|-------------------|------|
| | | Beheizt | Warmwasser | Beleuchtung | RLT | Kühlung | [m ²] | [%] |
| Zone 1 | Turnhalle (31) | X | | X | X | | 1.220,1 | 62,5 |
| Zone 2 | WC und Sanitär-räume- (16) | X | X | X | X | | 98,4 | 5,0 |
| Zone 3 | Lager, Technik, Archiv (20) | X | | X | | | 304,5 | 15,6 |
| Zone 4 | Nebenflächen (18) | X | | X | X | | 121,8 | 6,2 |
| Zone 5 | Verkehrsfläche (19) | X | | X | | | 206,5 | 10,6 |

⁵ Bezeichnung der Zone und Nummer des verwendeten Nutzungsprofils nach DIN 18599-10
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

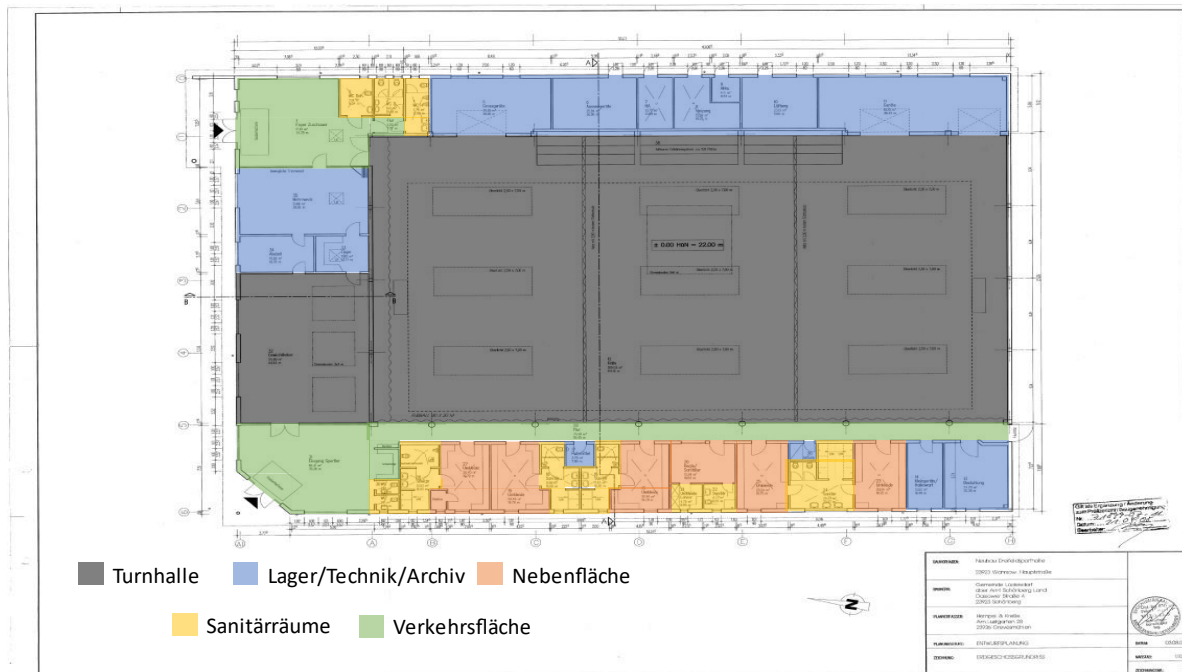


Abbildung 2-2: Zonierter Grundriss des untersuchten Gebäudes

2.2 VERBRAUCH & EMISSIONEN

Nachfolgend werden die realen Energieverbräuche des Gebäudes bzw. der Liegenschaft dargestellt und anschließend mit Verbrauchskennwerten verglichen, um eine Einordnung der Verbräuche vornehmen zu können.

2.2.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

Die Energieverbräuche (Wärme, Strom) einschließlich Wasserverbrauch der Liegenschaft beinhalten alle auf der Liegenschaft befindlichen Gebäude, soweit deren Medienverbräuche nicht separat gezählt bzw. ermittelt werden.

Somit besteht der direkte Sachzusammenhang zu den in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Sanierungsmaßnahmen darin, dass das in diesem Bericht behandelte Gebäude Teil der Liegenschaft ist und die ingenieurtechnischen Berechnungen den Teilverbrauch des

betrachteten Gebäudes annähernd abbildet und entsprechende Sanierungsmaßnahmen hiervon abgeleitet werden.

Der Energieverbrauch wird entscheidend durch das Nutzerverhalten bestimmt. Die wesentlichen Einflussfaktoren dabei sind:

- ▶ das Lüftungsverhalten
- ▶ die Raumlufttemperatur
- ▶ die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- ▶ interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl, ...)
- ▶ der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre 2017 bis 2019 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen (vgl. Tabelle 2-3).⁶ Abbildung 2-3 stellt die Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft dar.

Tabelle 2-3: Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

⁶ Die Verbrauchswerte von 2020 bieten aufgrund der langen Schließungen, des eingeschränkten Betriebs sowie des abweichenden Lüftungsverhaltens während der Covid-19-Pandemie keine geeignete Vergleichsgrundlage für den Normalbetrieb des Gebäudes

| Jahr | Heizung (Erdgas) [kWh/a] | Klima- faktor ⁷ [-] | klimabereinigter Verbrauch [kWh/a] | Strom [kWh/a] | Gesamtener- gieverbrauch [kWh/a] | Wasser [m ³ /a] |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|------------------|--|-------------------------------|
| 2018 | 105.000 | 1,09 | 114.450 | 29.680 | 144.130 | 152 |
| 2019 | 87.557 | 1,11 | 97.188 | 55.600 | 152.788 | 130 |
| 2020 | 89.409 | 1,11 | 99.244 | 31.585 | 130.829 | 182 |
| Mittelwert: | 93.989 | | 103.627 | 38.955 | 142.582 | 155 |

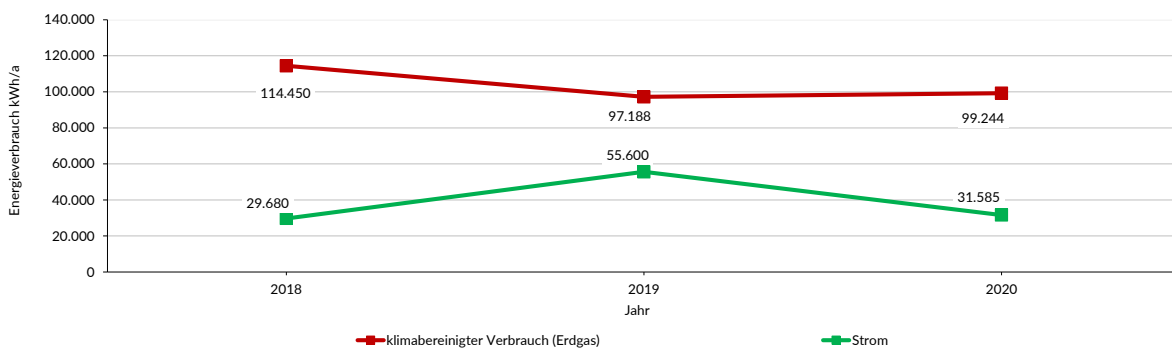


Abbildung 2-3: Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

2.2.2 Verbrauchskennwerte

Da Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse wenig aussagekräftig sind, werden diese nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom und Wärme werden nachfolgend abgebildet (

Tabelle 2-4). Die Energieverbrauchskennwerte können dann mit Kennwerten der entsprechenden Gebäudekategorie verglichen werden, um die Verbräuche besser einordnen zu können. Abbildung 2-4 stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom und Wärme dar.

Tabelle 2-4: Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben

| Energieverbrauchskennwerte nach BWZK ⁸ in [kWh/m ² NGFa] | | |
|---|----------------|--------------|
| Sporthallen | Vergleichswert | Ist-Kennwert |
| Energieträger | | |
| Strom | 35 | 20 |

⁷ Der Einfluss der Witterung und des Klimas auf den Energieverbrauch wird mittels des Klimafaktors erfasst, der sowohl die Temperaturverhältnisse während eines Berechnungszeitraumes als auch die klimatischen Verhältnisse in Deutschland berücksichtigt. Durch die Anwendung des Klimafaktors können die Energieverbrauchskennwerte verschiedener Berechnungszeiträume und von Gebäuden in verschiedenen klimatischen Regionen Deutschlands (überschlägig) verglichen werden. In dieser Berechnung wurden die Klimafaktoren, entsprechend des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für den Gebäudestandort benutzt. Die Witterungsbereinigung erfolgt durch Multiplikation des gemessenen Jahres-Heizenergieverbrauchs mit dem entsprechenden Klimafaktor.

⁸ Vergleichswerte sind ermittelte Kennwerte aus der Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand des BMWi und BMU, Berlin (Werte vom 7. April 2015)

Wärme

120

53

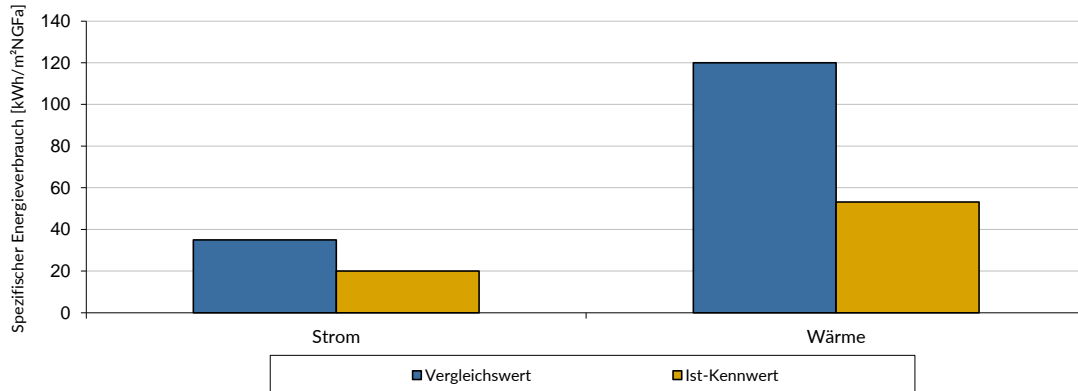


Abbildung 2-4: Vergleichs- und Ist-Kennwert des spezifischen Energieverbrauchs

2.2.3 CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen des Gebäudes werden durch Multiplikation der energieträgerabhängigen Verbräuche mit den entsprechenden CO₂-Emissionsfaktoren berechnet. Für die emisionstechnische Bewertung der

Energieverbräuche werden die CO₂-Faktoren nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) verwendet. Es wurden die jährlichen Emissionen auf Grundlage des klimabereinigten durchschnittlichen Energieverbrauchs der Jahre 2018 bis 2020 errechnet (Tabelle 2-5).

Tabelle 2-5: CO₂-Emissionen bezogen auf den durchschnittlichen Energieverbrauch (2017-2019)

| Energieträger | CO ₂ -Emissionsfaktor [g/kWh] | Energieverbrauch [kWh/a] | CO ₂ -Emissionen [kg/a] |
|---------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| Erdgas | 240 | 93.989 | 22.557 |
| Strom (netzbezogen) | 560 | 38.955 | 21.815 |
| Summe: | | 132.944 | 44.372 |

2.3 BEDARFSKENNWERTE

Die realen Verbräuche werden mit den berechneten Energiebedarfen abgeglichen. Wo die ermittelten Energiebedarfskennzahlen den tatsächlichen Verbrauch abbilden und bewertbar machen, erfolgt die ingenieurstechnische Berechnung und Analyse des Gebäudes sowie die Erarbeitung und Bewertung von Sanierungsmaßnahmen und deren Effekten basierend auf der theoretischen Berechnung nach DIN 18599.

Da sich die Berechnungen auf genormte Nutzungsprofile stützen, weichen die errechneten Bedarfswerte in der Regel von den gemessenen Energieverbräuchen ab. Dies ist der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Die berechneten Energiebedarfskennwerte sind in Tabelle 2-6 aufgeführt.

Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der *Bedarfsberechnung* des untersuchten Gebäudes.

Tabelle 2-6: Berechnete Energiebedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

| Energiebedarfskennwerte in [kWh/(m ² _{NGF} *a)] | |
|---|---------------|
| spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m ² a] | 167,31 |
| spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m ² a] | 10,62 |
| spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m ² a] | 6,89 |
| Beleuchtungsstrom | 11,84 |
| Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser) | 177,93 |

2.4 ENERGIEBEDARFE IM IST- UND REFERENZGEBÄUDE

Die ermittelten Bedarfe für Nutz-, End- und Primärenergie ergeben sich aus der energetischen Gebäudesimulation und stellen den simulierten Ist-Zustand des Gebäudes nach dem Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich dar. Sie werden den jeweiligen Ergebnissen des Referenzgebäudes gegenübergestellt. Das Referenzgebäude ist ein simuliertes theoretisches Gebäude mit gleicher Geometrie, Nutzfläche, Ausrichtung und Nutzung wie das vorhandene Gebäude, dessen technische Ausführung der Bauteilaufbauten und Anlagentechnik jedoch fest im GEG definiert ist. Das Referenzgebäude gibt somit einen Vergleichswert für das vorhandene Gebäude mit einem vorgegebenen Standard wieder, der den aktuellen Stand der Technik repräsentieren soll.

2.4.1 Nutzenergiebedarf im Ist- & Referenzgebäude

Die Nutzenergie ist nach DIN 18599-1 definiert als der Oberbegriff für den Nutzwärmebedarf, Nutzkältebedarf, Nutzenergiebedarf für

Trinkwarmwasser, Beleuchtung, und Befeuchtung. Der Heizwärmebedarf gibt den rechnerisch ermittelten Wärmebedarf, der zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone während der Heizperiode nötig ist, an. Der rechnerisch ermittelte Kühlbedarf gibt im Fall einer vorhandenen Einrichtung zur Kühlung des Gebäudes die Energie wieder, die zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone benötigt wird, wenn die Wärmequellen eine zu hohe Energiemenge anbieten. Der Nutzenergiebedarf der Beleuchtung gibt den ermittelten Energiebedarf wieder, um das Gebäude mit der in den jeweiligen Nutzungsprofilen festgelegten Beleuchtungsqualität zu beleuchten. Und der Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser stellt den ermittelten Energiebedarf dar, um die Gebäudezonen mit den festgelegten Mengen Warmwasser der entsprechenden Zulauftemperatur zu versorgen.

Die jeweiligen berechneten Nutzenergiebedarfe des Gebäudes und des Referenzgebäudes sind in Tabelle 2-7 und Abbildung 2-5 dargestellt.

Tabelle 2-7: Vergleich des Nutzenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

| Jährlicher Nutzenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Heizung | 108,54 | 211.802,40 | 72,50 | 141.464,89 |
| Trinkwarmwasser | 6,92 | 13.500,00 | 6,92 | 13.500,00 |
| Beleuchtung | 0,99 | 1.923,40 | 1,23 | 2.402,47 |

| Jährlicher Nutzenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Gesamt | 116,45 | 227.225,80 | 80,65 | 157.367,36 |

Anteile der Nutzenergiebedarfe



Abbildung 2-5: Verteilung des Nutzenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

2.4.2 Endenergiebedarf im Ist- & Referenzgebäude

Der Endenergiebedarf stellt die berechnete Energiemenge dar, die der Anlagentechnik zur Verfügung gestellt wird, um die festgelegten Randbedingungen im Bereich Heizung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasser im Gebäude über das ganze Jahr sicherzustellen. Die Endenergie beinhaltet die für den Betrieb der Anlagentechnik benötigte Hilfsenergie sowie Verluste durch die Erzeugung, Speicherung und

Verteilung. Nach DIN 18599-1 wird die Endenergie an der „Schnittstelle“ Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die der Verbraucher für eine bestimmungsgemäße Nutzung unter normativen Randbedingungen benötigt. Die Endenergie wird brennwertbezogen angegeben.

Die jeweiligen berechneten Endenergiebedarfe des Gebäudes und des Referenzgebäudes sind in Tabelle 2-8 und Abbildung 2-6 dargestellt.

Tabelle 2-8: Vergleich des Endenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

| Jährlicher Endenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Heizung | 167,31 | 326.464,90 | 101,51 | 198.071,55 |
| Trinkwarmwasser | 10,62 | 20.713,70 | 4,65 | 9.063,88 |
| Beleuchtung | 11,84 | 23.112,30 | 14,99 | 29.256,11 |
| Belüftung | 6,89 | 13.439,10 | 6,23 | 12.151,51 |
| Gesamt | 196,65 | 383.730,00 | 127,37 | 248.543,05 |

Anteile der Endenergiebedarfe



Abbildung 2-6: Verteilung des Endenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

2.4.3 Primärenergiebedarf im Ist- & Referenzgebäude

Der Primärenergiebedarf berücksichtigt die vorgelagerte Prozesskette der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweiligen Energieträger außerhalb der Gebäudehülle. Er ergibt sich aus der Multiplikation der energieträgerbezogenen Endenergie mit den entsprechenden

Primärenergiefaktoren nach GEG. Die Primärenergie wird heizwertbezogen angegeben.

Die jeweiligen berechneten Primärenergiebedarfe des Gebäudes und des Referenzgebäudes sind in Tabelle 2-9 und in Abbildung 2-7 dargestellt.

Tabelle 2-9: Vergleich des Primärenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

| Jährlicher Primärenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|--------------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | spezifisch [kWh/(m²a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m²a)] | absolut [kWh/a] |
| Heizung | 180,61 | 352.434,40 | 101,20 | 197.476,53 |
| Trinkwarmwasser | 10,63 | 20.735,80 | 4,77 | 9.310,02 |
| Beleuchtung | 21,32 | 41.602,20 | 26,99 | 52.661,00 |
| Belüftung | 12,40 | 24.190,40 | 11,21 | 21.872,72 |
| Gesamt | 224,96 | 438.962,80 | 144,17 | 281.320,27 |

Anteile der Primärenergiebedarfe



Abbildung 2-7: Verteilung des Primärenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

2.5 GEBÄUDEHÜLLE

Tabelle 2-10 zeigt die in der Gebäudesimulation verwendeten Konstruktionen der einzelnen Bauteile. Diese beruhen so weit wie möglich auf den vorhandenen Plänen, Erkenntnissen der Gebäudebegehung sowie auf Aussagen der Auftraggeber und Verantwortlichen vor Ort. Konnten keine detaillierten Erkenntnisse über einen Bauteilaufbau gewonnen werden, wurden typische Bauteilaufbauten und Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) des Baujahrs aus Literaturangaben genutzt und/oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.⁹

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Eine detaillierte Auflistung ist dem Anhang zu entnehmen.

Um die energetische Qualität der vorhandenen Bauteile beurteilen zu können, werden zusätzlich die aktuellen Mindestanforderungen für die Änderung von Außenbauteilen (Ersatz oder erstmaliger Einbau) nach dem Gebäudeenergiegesetz angegeben. Diese müssen eingehalten werden, sobald wenigstens 10% der entsprechenden Bauteilfläche verändert werden. Die Anforderungen sind abhängig von der Innentemperatur der betrachteten Bereiche. Die Anforderungen an die wärmeübertragende Hüllfläche von niedrigbeheizten Zonen sind geringer als bei Raumtemperaturen von mehr als 19 °C.

Tabelle 2-10: Bauteilaufbauten und angesetzte Wärmedurchgangskoeffizienten des untersuchten Gebäudes ($U_{\text{vorhanden}}$) sowie die aktuellen Anforderungen des GEGs (U_{max}) für die Änderung von Bauteilen

| Bauteil | Konstruktion | $U_{\text{vorh.}}$ | U_{max} | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | | $T \geq 19^\circ\text{C}$ | $12 < T < 19^\circ\text{C}$ |
| Bodenplatte | Betonplatte, gedämmt | 0,33 | 0,30 | ohne |
| Turnhallenboden | Betonplatte mit Luftschicht, gedämmt | 0,31 | 0,24 | 0,35 |
| Außenwand | Mehrschalig, gedämmt | 0,22 | 0,30 | ohne |
| Dach | Metallkonstruktion, gedämmt | 0,28 | 0,24 | 0,35 |

⁹ „U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow 17 von 62

| | | | | |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-------------------|-------------------|
| Fenster und Oberlichter | Zweischeiben Isolierverglasung | 1,8 | 1,3 ¹⁰ | 1,9 ¹⁰ |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-------------------|-------------------|

2.5.1 Anforderungen BEG Einzelmaßnahmen

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) legt für eine Förderung von Einzelmaßnahmen (EM) an der Gebäudehülle verschärfte Anforderungen an die maximale Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) fest. Wie auch im

GEG werden die Anforderungen entsprechend der Innenraumtemperatur unterschieden. Tabelle 2-11 zeigt die gültigen Anforderungen für wärmeübertragende Außenflächen (Zusammenfassung). Details zur Förderung können Abschnitt 5 entnommen werden.

Tabelle 2-11: Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Einzelmaßnahmen bei Nichtwohngebäuden

| Bauteilgruppe | Bauteil | Maximaler U-Wert | | |
|---|---|--------------------------------|--------------------------------|------|
| | | T ≥ 19 °C [W/(m²K)] | T < 19 °C [W/(m²K)] | |
| Wände | Außenwand | 0,20 | 0,25 | |
| | Alternativ: Kerndämmung bei zweischaligem Mauerwerk | $\lambda \leq 0,035$ W/(mK) | $\lambda \leq 0,040$ W/(mK) | |
| | Außenwände von Baudenkmälern | 0,45 | 0,55 | |
| | Außenwände bei Schichtfachwerk | 0,65 | 0,80 | |
| | Wandflächen gegen Erdreich/unbeheizte Räume | 0,25 | 0,25 | |
| Dachflächen | Dächer (ohne Glasdächer) | 0,14 | 0,25 | |
| | Alternativ bei Baudenkmälern: höchstmögliche Dämmschichtdicke | $\lambda \leq 0,040$ W/(mK) | $\lambda \leq 0,040$ W/(mK) | |
| Geschossdecken und Bodenflächen | Oberste Geschossdecke | 0,14 | 0,25 | |
| | Decken zu unbeheizten Räumen | 0,25 | 0,25 | |
| | Geschossdecken gegen Außenluft | 0,20 | 0,25 | |
| | Bodenflächen gegen Erdreich | 0,25 | 0,25 | |
| Transparente Bauteile (U _w) | Fenster, Fenstertüren: | a) Austausch | 0,95 | 1,30 |
| | | b) Ertüchtigung | 1,30 | 1,60 |
| | Barrierearme Fenster und Fenstertüren | 1,10 | 1,40 | |
| | Fenster mit Sonderverglasung | 1,10 | 1,40 | |
| | Fenster an Baudenkmälern | a) Austausch | 1,40 | 1,70 |
| | | b) Ertüchtigung | 1,60 | 1,90 |
| Glasdächer | 1,60 | 1,90 | | |

¹⁰ Die angegebenen Anforderungswerte des GEG beziehen sich auf den Ersatz oder erstmaligen Einbau des gesamten Fensters. Für Dachflächenfenster, Glasdächer, Vorhangfassaden, Fenstertüren und Außentüren gelten andere Grenzwerte. Wird lediglich die Verglasung getauscht sind ebenfalls andere Anforderungen einzuhalten.

| Bauteilgruppe | Bauteil | Maximaler U-Wert | |
|------------------------------|-------------------------------|--|---|
| | | $T \geq 19 \text{ °C}$ [W/(m ² K)] | $T < 19 \text{ °C}$ [W/(m ² K)] |
| | Lichtbänder- und Lichtkuppeln | 1,50 | 1,90 |
| Vorhangsfassade (U_{cw}) | Vorhangfassaden ¹¹ | 1,30 | 1,60 |
| Türen (U_D) | Außentüren | 1,30 | 2,00 |
| Tore | Außentore | 1,00 | 2,00 |

2.5.2 Anforderungen BEG Effizienzgebäude

Die nachfolgenden Tabellen stellen die technischen Mindestanforderungen zum Programm Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) für Nichtwohngebäude (NWG) dar.¹² Details zur Förderung können Abschnitt 5 entnommen werden.

Der Jahres-Primärenergiebedarf (QP) eines Effizienzgebäudes darf im Verhältnis zum Jahres-Primärenergiebedarf des entsprechenden Referenzgebäudes ($Q_{P,REF}$) den in Tabelle 2-12 angegebenen prozentualen Maximalwert des geförderten Effizienzgebäude-Standards nicht überschreiten.

Tabelle 2-12: Prozentuale Anforderungen an den Jahres Primärenergiebedarf

| Effizienzgebäude (EG) | EG 40 | EG 55 | EG 70 | EG 100 | Denkmal |
|----------------------------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Q_P in % von $Q_{P,REF}$ | 40 % | 55 % | 70 % | 100 % | 160 % |

Für Zonen, die mit einer Raum-Solltemperatur $T \geq 19 \text{ °C}$ beheizt werden, darf der über diese Zonen gemittelte Wärmedurchgangskoeffizient für die opaken Außenbauteile (\bar{U}_{opak}), die transparenten Außenbauteile ($\bar{U}_{transparent}$) und

Vorhangfassaden ($\bar{U}_{Vorhang}$) sowie für Glasdächer/Lichtbänder und Lichtkuppeln (\bar{U}_{Licht}) die in Tabelle 2-13 aufgeführten Werte nicht überschreiten.

Tabelle 2-13: BEG-Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten

| BEG-Effizienzgebäude ($T \geq 19 \text{ °C}$) | EG 40 [W/(m ² K)] | EG 55 [W/(m ² K)] | EG 70 [W/(m ² K)] | EG 100 [W/(m ² K)] | Denkmal [W/(m ² K)] |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| \bar{U}_{opak} | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,34 | - |
| $\bar{U}_{transparent, Vorhang}$ | 1,00 | 1,20 | 1,40 | 1,80 | - |
| \bar{U}_{Licht} | 1,60 | 2,00 | 2,40 | 3,00 | - |

Für Zonen, die mit einer Raum-Solltemperatur von mindestens 12 °C bis maximal 19 °C beheizt werden, darf der über diese Zonen gemittelte

¹¹ Vorhangfassaden, deren Bauart in DIN EN 13947: 2007-07 beschrieben ist

¹² Zu finden auf <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebaeude-beg.html>

Wärmedurchgangskoeffizient für die wärmeübertragenden Außenbauteile die in Tabelle 2-14 aufgeführten Werte nicht überschreiten.

Tabelle 2-14: BEG-Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten bei niedrigbeheizten Räumen

| BEG-Effizienzgebäude ($T < 19\text{ °C}$) | EG 40 [W/(m ² K)] | EG 55 [W/(m ² K)] | EG 70 [W/(m ² K)] | EG 100 [W/(m ² K)] | Denkmal [W/(m ² K)] |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| \bar{U}_{opak} | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,40 | - |
| $\bar{U}_{\text{transparent, Vorhang}}$ | 1,30 | 1,50 | 1,70 | 2,20 | - |
| \bar{U}_{Licht} | 2,00 | 2,50 | 2,80 | 3,60 | - |

2.5.3 Wärmebrücken

Bei Wärmebrücken handelt es sich um örtlich begrenzte Unregelmäßigkeiten in der Gebäudehülle, an denen ein erhöhter Wärmestrom im Vergleich zu den umgebenden Bereichen (Regelbereiche) auftritt. Wärmebrücken können geometrisch bedingt (z.B. Gebäudeecken), stoff- oder materialbedingt (z.B. Stahlbetonstütze in einer Mauerwerkswand) sowie konstruktiv bedingt sein (z.B. Heizkörpernischen). Wärmebrücken können punktförmig (z.B. Verankerung einer Wärmedämmung) oder Linienförmig (z.B. Anschluss einer Geschossdecke) auftreten. Je besser die energetische Qualität der Gebäudehülle ist, desto größer werden die prozentualen Anteile der Wärmeverluste durch die Wärmebrücken. Liegen sie bei nicht modernisierten Bestandsgebäuden bei weniger als 3 bis 5%, können sie bei Gebäuden nach EnEV-Standard 10 bis 15% der Transmissionswärmeverlusten im Regelbereich ausmachen.¹³ Somit wird die Bewertung der Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

Bei Bestandsgebäuden können Wärmebrücken außerdem durch Schäden an Bauteilen (z.B. Beschädigung der Dämmung) oder durch ungünstige Ausführungen vergangener Sanierungsmaßnahmen auftreten.

Am Gebäude konnten augenscheinlich keine ungewöhnlichen Wärmebrücken zum Beispiel aufgrund einer fehlenden Dämmung oder sanierungsbedürftiger Bauteile festgestellt werden.

In der Simulation wurden die Wärmebrücken pauschal durch den Wärmebrückenkorrekturfaktor berücksichtigt.

2.6 ANLAGENTECHNIK

Im Folgenden wird die vorhandene Anlagentechnik und die Beleuchtung des Gebäudes beschrieben. Unbekannte Werte und Anlagendetails wurden in der Simulation berechnet bzw. als Standardwert angenommen.

2.6.1 Heizung

Das betrachtete Gebäude wird durch einen Gas-Brennwertkessel, welcher im Technikraum untergebracht ist, mit Wärme versorgt. Es bestehen fünf Heizkreise. Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind geregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht und am Wochenende ist eingerichtet.

¹³ Lohmeyer; Praktisch Bauphysik (2019)
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

Eine Neuplanung der Heizungsanlage ist im derzeitigen Zustand nicht sinnvoll.

Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

| | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Erzeuger | Brennwertkessel (Vitokrossal 300) |
| Baujahr | 2009 |
| Art des Erzeugers | Brennwertkessel |
| Umgebung | Standardrandbedingungen unbeheizt |
| Energieträger | Erdgas H |
| Kessel-Nennleistung [kW] | 142 |

2.6.2 Warmwasser

Die Sanitärbereiche werden mit Warmwasser versorgt. Die Warmwasserbereitung erfolgt im

untersuchten Gebäude zentral über den Heizungskessel und einen Pufferspeicher. Der Warmwasserbedarf wurde auf Grundlage der Nutzungsprofile ermittelt.

2.6.3 Lüftung

Eine Lüftung findet in jedem Gebäude zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste erfolgen im Wesentlichen über Fenster- und Türfugen. Aber auch Mauerwerksfugen, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen.

durch erhöhte Feuchtigkeit vorzubeugen und vermehrt austretende Schadstoffe aus modernen Baustoffen, Kunststoffen oder Belägen abzuführen.

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen CO₂ und Feuchtigkeit, die beim Prozess des Ausatmens entstehen, abgeführt werden. Eine Lüftung ist auch nötig, um einer Schimmelbildung

Im untersuchten Gebäude erfolgt die Be- und Entlüftung überwiegend über die vorhandenen Fenster und Türen. In den Turn- und Sanitärräumen ist außerdem eine beheizte Lüftungsanlage installiert. Die Anlage verfügt über eine Wärmerückgewinnung. Die Anlage ist aus dem Jahr 2009 und entspricht dem heutigen Stand der Technik. Von einer Neuplanung kann abgeraten werden.

2.6.4 Kältetechnik

Im Gebäude ist keine Kühlung vorhanden.

2.6.5 Beleuchtung

Das Gebäude wird mit verschiedenen Leuchtmitteln beleuchtet. Überwiegend befinden sich ein- bzw. mehrflammiige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung P_{Lampe} bis zu 58 W sowie mit elektronischen Vorschaltgeräten EVG im Gebäude. In Sanitärräumen ist zudem ein Präsenzmelder vorhanden.

Die Ermittlung der elektr. Leistung wurde über das Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4 bestimmt. Mit Ermittlung der elektr. Leistung und der jährlichen Nutzungsdauer der bestehenden Beleuchtungsanlage wird der jährliche Energieeinsatz pro Gebäude bzw. Beleuchtungszone bestimmt. Die Beleuchtungszonen sind in Tabelle 2-15 aufgeführt.

Tabelle 2-15: Beleuchtungsbereiche im untersuchten Gebäude (Pe = Präsenzerfassung)

| Zone | Beleuchtungsbereich [m ²] | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----|-------------|---------|------------------|--------|
| | Glühlampe | KVG | EVG | Halogen | Energiesparlampe | LED |
| Turnhalle (31) | -- | -- | 610,04 | -- | -- | 610,04 |
| WC und Sanitärräume- (16) | -- | -- | 260,71 (Pe) | -- | -- | -- |
| Lager, Technik, Archiv (20) | -- | -- | 304,54 | -- | -- | -- |
| Nebenflächen (18) | -- | -- | 322,74 | -- | -- | -- |
| Verkehrsfläche (19) | -- | -- | 206,52 | -- | -- | -- |

2.6.6 Einstufung von Solarthermie & Photovoltaik

Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, im Frühjahr und Herbst, kann die solare Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent bedeutet, dass dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor und Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Da bereits ein bivalenter Warmwasserspeicher vorliegt ist die Nutzung von Solarthermie zur Warmwasserunterstützung sinnvoll und kann kostengünstig umgesetzt werden.

Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung

Die regenerative Stromerzeugung ermöglicht eine erhebliche Reduktion der CO₂-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2021 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche

Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreibung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2021, ermittelt werden.

Eine Nutzung von Solarenergie durch eine Photovoltaikanlage ist möglich. Insbesondere durch das große Flächenangebot hinter der Sporthalle, auf dem Parkplatz oder auf der angrenzenden Schule kann ein signifikanter Deckungsgrad erwartet werden.

2.7 RANDBEDINGUNGEN ÖKONOMIE

Die wirtschaftliche Betrachtung der Sanierungsvarianten stellt einen wichtigen Bestandteil der

Tabelle 2-16: Bezugskosten der Energieträger und angenommene jährliche Preissteigerung

| Bezeichnung | Einheit | Preis [€/Einheit] | jährl. Preissteigerung ¹⁶ [%] | CO ₂ -Emissionen [g/Einheit] |
|-----------------------|---------|----------------------|---|--|
| Erdgas (Gemis 4.2) | kWh | 0,061 | 2,00 | 227,7 |
| Strom-Mix (Gemis 4.2) | kWh | 0,280 | 2,00 | 833,6 |

Untersuchung dar. Die dafür angesetzten Randbedingungen werden im Folgenden aufgeführt und erläutert.

Die Nutzungsdauer für Bauteile wurde nach dem Katalog des Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)¹⁴ bestimmt. Die Nutzungsdauer anlagentechnischer Bestandteile bezieht sich auf die VDI-Richtlinie 2067¹⁵.

Für die Berechnung der Amortisationszeit wird ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren angesetzt. Sie bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten. In die Bestimmung der Amortisationszeit werden Ersatzinvestitionen miteinbezogen, weshalb es sein kann, dass sich Maßnahmen nach Ablauf der Nutzungsdauer und einer anschließenden Reinvestition amortisieren. Die in den nächsten Jahren immer weiter steigende CO₂-Bepreisung wurde in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Gemäß der Nutzerangaben wurden die dargestellten (brutto) Energiepreise je Energieträger angesetzt (Tabelle 2-16). Die Tabelle beinhaltet zusätzliche Energieträger, die in den Sanierungsvarianten mit neuen Wärmeerzeugern vorgeschlagen werden.

Tabelle 2-17 zeigt die angesetzten Annahmen zur ökonomischen Betrachtung der Sanierungsvarianten. Die ökonomischen Betrachtungen beruhen auf einer dynamischen Amortisationsberechnung

¹⁴ Zu finden unter <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/nutzungsdauern-von-bauteilen/>

¹⁵ VDI 2067 (2010) Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung

¹⁶ Jährliche Preissteigerung, inflationsbereinigt

Tabelle 2-17: Annahmen zur Ökonomie

| | |
|---|------|
| kalkulatorischer Zinssatz [%] | 0,41 |
| jährliche Preissteigerung [%] | 2 |
| Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt | nein |

2.7.1 Preisermittlung

Die angesetzten Preise sind als Richtpreise zu verstehen und beruhen auf Kostenkennwerten, Erfahrungswerten sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte.¹⁷ Die Kostenkennwerte sind durch einen Regionalfaktor auf die Region der untersuchten Liegenschaft angepasst. Durch die hohe Individualität von Baumaßnahmen, unbekanntem Randbedingungen (wie z.B. der Beschaffenheit des Bodens) sowie Annahmen zur künftigen Preisentwicklung von Bauleistungen, können die tatsächlichen Investitionskosten abweichen.

Die angegebene Investitionssumme stellt die Gesamtkosten zum Zeitpunkt der Investition dar und umfasst keine Ersatzinvestitionen nach Ablauf der jeweiligen Nutzungsdauer. Ein Teil der Investitionssumme ist bei einigen Maßnahmen ggf. ohnehin im

näheren Betrachtungszeitraum nötig (z.B. der Austausch eines alten Heizungskessels oder die Sanierung alter Fenster etc.). Die energetisch bedingten Mehrkosten geben dann die Kosten wieder, die zum Erreichen eines höheren energetischen Standards – als ohnehin rechtlich (z.B. durch das GEG) gefordert – notwendig sind.

¹⁷ z.B. BKI-Tabellen 2019, Baukosten 2018 (23. Auflage), Baupreislexikon online (Juni 2021)
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

3 SANIERUNGSVARIANTEN

3.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend werden verschiedene Sanierungsvarianten und Kombinationen der Sanierungsvarianten (SV) aufgezeigt:

Dargestellte Sanierungsvarianten:

- ▶ SV1: Dach sanieren
- ▶ SV2: Fenster und Oberlichter austauschen
- ▶ SV3: Außenwand sanieren

- ▶ SV4: Fußboden sanieren
- ▶ SV5: LED-Beleuchtung
- ▶ SV6: Solarthermie-Anlage
- ▶ SV7: PV-Anlage
- ▶ Vorschlag

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen.

3.2 SV1: DACH SANIEREN

Das bisher gedämmte Flachdach wird in dieser Maßnahme zusätzlich gedämmt. Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Die obersten Schichten werden zurückgebaut und die freigelegte Oberfläche gesäubert und vorbereitet. Anschließend wird trittfestes Dämmmaterial auf der Dachkonstruktion verlegt. Die neue Dämmschicht wird mit einer Schutzschicht aus Bitumen überdeckt, um sie vor der Witterung zu schützen.

Das nachträglich gedämmte Bauteil muss die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximal U-Wert beträgt $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Für die Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG, muss ein U-Wert von $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U-Wert von $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt. Dieser wird mit einer Dämmdicke von 12 cm und einer WLS 031 erreicht. Die energetisch bedingten Mehrkosten beziehen sich auf die Mehrkosten, die voraussichtlich nötig sind, um diesen

höheren energetischen Standard erreichen zu können (insbesondere die Mehrdicke des Dämmmaterials).

Wenn statisch möglich, kann eine extensive oder eine intensive Begrünung angelegt werden. Gründächer bieten allgemein viele Vorteile. Sie schützen beispielsweise die empfindliche Dachhaut im Sommer zusätzlich vor Überhitzung und können so zu einer längeren Nutzungsdauer des Bauteils beitragen, ermöglichen einen verbesserten Regenrückhalt bei Starkregenereignissen und erhöhen die Artenvielfalt von Insekten im urbanen Lebensraum. In der simulierten Maßnahme ist kein Gründach berücksichtigt worden.

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme insgesamt sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Im Zuge der Flachdachsanierung sollen auch die Oberlichter ausgetauscht werden (siehe SV2: Fenster und Oberlichter-austauschen).

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-1 aufgeführt.

Tabelle 3-1: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante¹⁸

| Sanierungsvariante | SV1: Dach sanieren | |
|--|---------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 170.923 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ¹⁹ | 37.442 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 33.943 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 3.499 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 9,3 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ¹⁹ | 383.730 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 196,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |

¹⁸ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

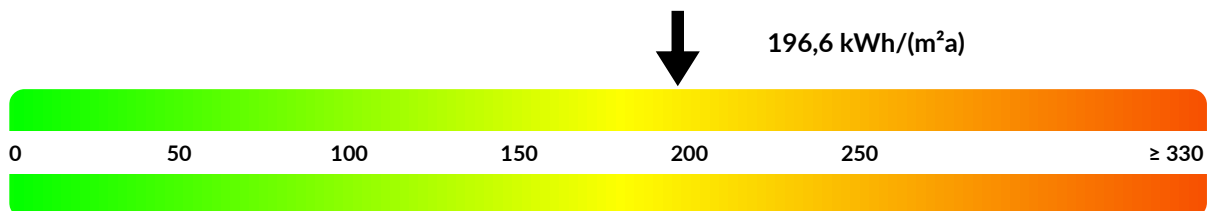
¹⁹ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

Sanierungsvariante

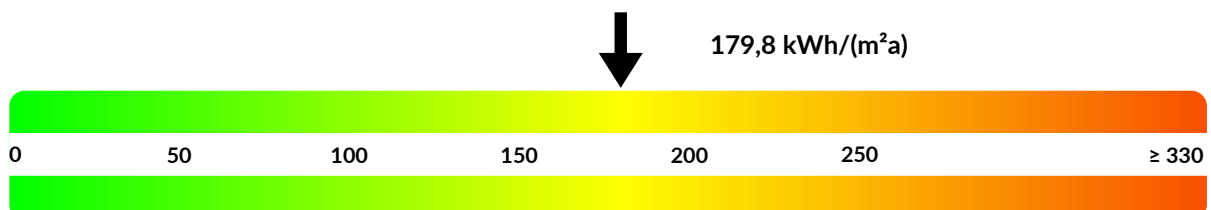
SV1: Dach sanieren

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|---------|--|
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 350.960 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 179,8 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 32.770 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 8,5 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{19 20} | 107.909 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²⁰ | 98.233 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁰ | 9.676 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁰ | 9,0 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | 26 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ²¹ | 0,10 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²⁰ Emissionsfaktoren nach GEG

²¹ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsov

3.3 S2: FENSTER UND OBERLICHTER AUSTAUSCHEN

In dieser Sanierungsvariante wird ein Austausch der Fenster und Oberlichter betrachtet. Im GEG werden für den Austausch von Oberlichtern keine direkten Anforderungen gestellt, Bauteile dürfen sich jedoch nicht verschlechtern. Im Neubau wird nach dem GEG ein mittlerer maximaler \bar{U} -Wert für Glasdächer, Lichtbänder und Lichtkuppeln von $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen und eine Förderung im Rahmen der BEG EM zu ermöglichen, wird empfohlen, den dort geforderten U_t -Wert von $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ einzuhalten. In der Simulation wird daher ein U_t -Wert von $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt. Die energetisch bedingten Mehrkosten beziehen sich auf die Mehrkosten, die voraussichtlich nötig sind, um diesen höheren energetischen Standard erreichen zu können.

Diese Maßnahme hilft auch dem sommerlichen Wärmeschutz dadurch, dass der solare Eintrag minimiert wird und führt zu einer angenehmeren Behaglichkeit innerhalb der Turnhalle

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Es bietet sich an die Oberlichter im Rahmen der Dachsanierung zu erneuern.

Die neuen Fenster müssen mindestens die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximale U_w -Wert beträgt $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Um eine Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG zu erhalten, muss ein U_w -Wert von $0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U_w -Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt. Die energetisch bedingten Mehrkosten beziehen sich auf die Mehrkosten, die voraussichtlich nötig sind, um diesen höheren energetischen Standard erreichen zu können.

Um die Schimmelbildung im Bereich der Fensterlaibung zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass der U-Wert der einzelnen Fenster nicht besser ist als die umgebende Außenwand. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-2 aufgeführt.

Tabelle 3-2: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante²²

| Sanierungsvariante | SV2: Fenster und Oberlichter tausch | |
|--|-------------------------------------|---------|
| | Wert | Einheit |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 91.265 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ²³ | 37.442 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 35.553 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 1.889 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 5,0 | % |

²² Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

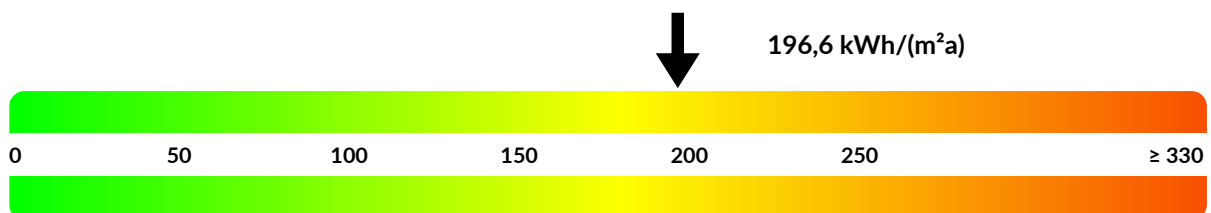
²³ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

Sanierungsvariante

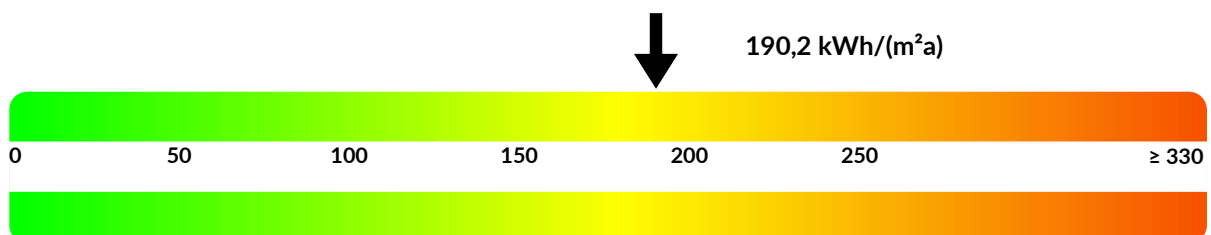
SV2: Fenster und Oberlichter tausch

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|-------------|--|
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ²³ | 383.730 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 196,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 371.286 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 190,2 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 12.444 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 3,2 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{23 24} | 107.909 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²⁴ | 103.379 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁴ | 4.530 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁴ | 4,2 | % |
| Nutzungsdauer | 40 | a |
| dynamische Amortisation | 25 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ²⁵ | 0,18 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²⁴ Emissionsfaktoren nach GEG

²⁵ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

3.4 SV3: AUßENWAND SANIEREN

Die bisher gedämmten Außenwände werden in dieser Maßnahme nachträglich von außen gedämmt. Die Maßnahme wird als Wärmedämmverbundsystem ausgeführt.²⁶ Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Vorhandene Verblender werden entfernt. Die freigelegten Wandflächen werden für das Anbringen der Wärmedämmung gesäubert und vorbereitet. Die Dämmschicht wird vollflächig angebracht, verdübelt und mit Putz vor Witterung geschützt. Auf die wärmebrückenarme Einbindung der Fenster ist zu achten.

Das nachträglich gedämmte Bauteil muss die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximale U-Wert beträgt 0,24 W/m²K. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen

Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Für die Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG, muss ein U-Wert von 0,2 W/m²K eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U-Wert von 0,19 W/m²K berücksichtigt. Dieser wird mit einer zusätzlichen Dämmdicke von 12 cm und einer WLS 035 erreicht. Die energetisch bedingten Mehrkosten beziehen sich auf die Mehrkosten, die voraussichtlich nötig sind, um diesen höheren energetischen Standard erreichen zu können (insbesondere die Mehrdicke des Dämmmaterials).

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-5 aufgeführt.

Tabelle 3-3: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante²⁷

| Sanierungsvariante | SV3: Außenwand sanieren | |
|---|-------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| <i>Energetisch bedingte Mehrkosten</i> | 181.942 | € |
| <i>Energiekosten in der Ausgangssituation²⁸</i> | 37.442 | €/a |
| <i>Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i> | 37.037 | €/a |
| <i>Energiekostensparnis im ersten Jahr</i> | 405 | €/a |
| <i>prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr</i> | 1,1 | % |
| <i>Endenergiebedarf in der Ausgangssituation³⁷</i> | 383.730 | kWh/a |
| <i>spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation</i> | 196,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| <i>Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i> | 379.868 | kWh/a |

²⁶ Die Ausführung als WDVS ist in der Regel günstiger als die Ausführung mit einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade (VHF) oder einem Vormauerwerk. Da der Putz jedoch voraussichtlich früher saniert werden muss ist die Nutzungsdauer mit 30 Jahren geringer als die der anderen Systeme. Aus diesem Grund und vor dem Gesichtspunkt eines möglichst einfachen und in einzelne Baustoffe

separierbaren Rückbaus am Ende der Nutzungsdauer, ist die Ausführung als WDVS bzw. als VHF oder als Vormauerwerk abzuwägen.

²⁷ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

²⁸ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

Sanierungsvariante

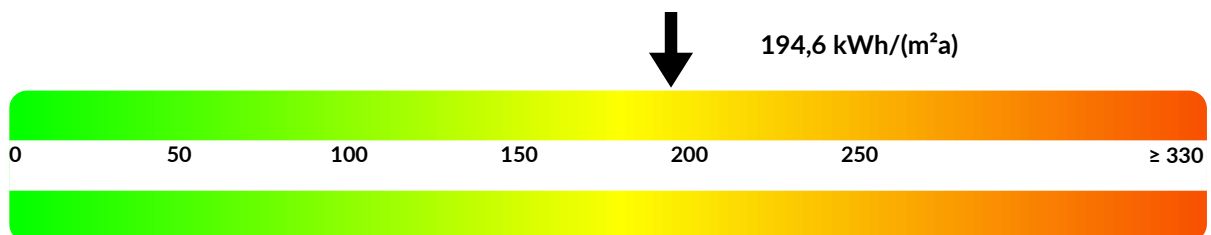
SV3: Außenwand sanieren

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|-------------|--|
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 194,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 3.862 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 1,0 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{37 29} | 107.909 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ³⁸ | 106.780 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁸ | 1.129 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁸ | 1,0 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | -- | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ³⁰ | 0,94 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²⁹ Emissionsfaktoren nach GEG

³⁰ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung
Beratungsbericht Sporthalle Wahrswow

3.5 SV4: FUßBODEN SANIEREN

Die Bodenplatte des Gebäudes erhält in dieser Maßnahme nachträglich eine Dämmung. Hierfür wird der Bodenbelag bzw. der vorhandene Verbundestrich entfernt und die Betonfläche gesäubert. Anschließend wird eine Dämmung aufgebracht und ein schwimmender Estrich eingebracht. Das nachträglich gedämmte Bauteil muss die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximale U-Wert beträgt $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Für die Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG, muss ein U-Wert von $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U-Wert von $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt. Dieser wird mit einer Dämmdicke von 3,5 cm

und einer WLS 031 erreicht. Die energetisch bedingten Mehrkosten beziehen sich auf die Mehrkosten, die voraussichtlich nötig sind, um diesen höheren energetischen Standard erreichen zu können.

Es ist darauf zu achten, dass Mindestraumhöhen nicht unterschritten werden. Außerdem müssen die vorhandenen Innentüren entsprechend angepasst werden.³¹

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-6 aufgeführt.

Tabelle 3-4: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante³²

| Sanierungsvariante | SV4: Fußboden sanieren | |
|---|------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 157.539 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ³³ | 37.442 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 37.148 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 294 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 0,8 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁴¹ | 383.730 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 196,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 379.914 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 194,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 3.816 | kWh/a |

³¹ Diese Kosten sind nicht in der Maßnahme enthalten

³² Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

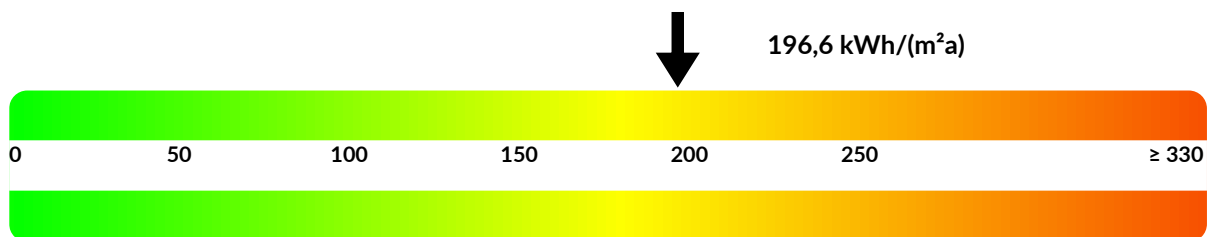
³³ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

Sanierungsvariante

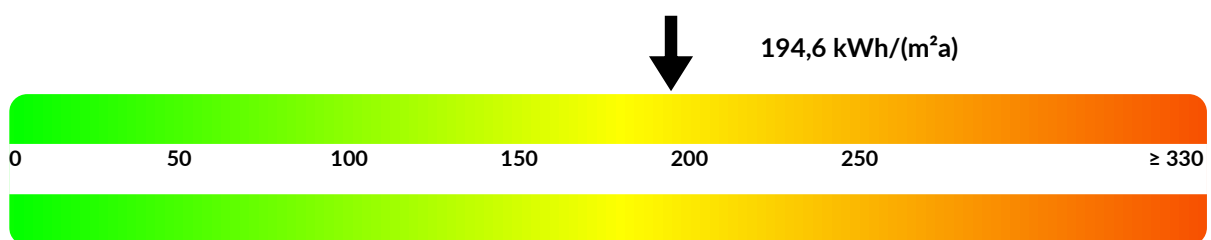
SV4: Fußboden sanieren

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|---------|---------|
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 1,0 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{41 34} | 107.909 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴² | 106.955 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁴² | 953 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁴² | 0,9 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | -- | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ³⁵ | 0,83 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



³⁴ Emissionsfaktoren nach GEG

³⁵ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

3.6 SV5: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Variante wird die Umrüstung der Beleuchtung auf LED betrachtet. Im Gebäude sind zurzeit überwiegend Leuchtstofflampen (58W) und Kompaktleuchtstofflampen (18W) mit EVG verbaut.

Die alten Lampen werden samt Lampenkörper demontiert und durch neue, effiziente LED-

Lampen ersetzt. In den allen Zonen wird der Einbau einer Präsenzmeldung angesetzt.

Für die Umrüstung der Beleuchtung zur LED-Beleuchtung wird eine Fachplanung empfohlen

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-5 aufgeführt.

Tabelle 3-5: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante³⁶

| Sanierungsvariante | SV3: LED-Beleuchtung | |
|--|----------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 67.068 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ³⁷ | 37.442 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 35.325 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 2.117 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 5,7 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ³⁷ | 383.730 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 196,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 382.214 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 195,8 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 1.516 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 0,4 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{37 38} | 107.909 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ³⁸ | 104.474 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁸ | 3.435 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁸ | 3,2 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | 20 | a |

³⁶ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

³⁷ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

³⁸ Emissionsfaktoren nach GEG

Sanierungsvariante

SV3: LED-Beleuchtung

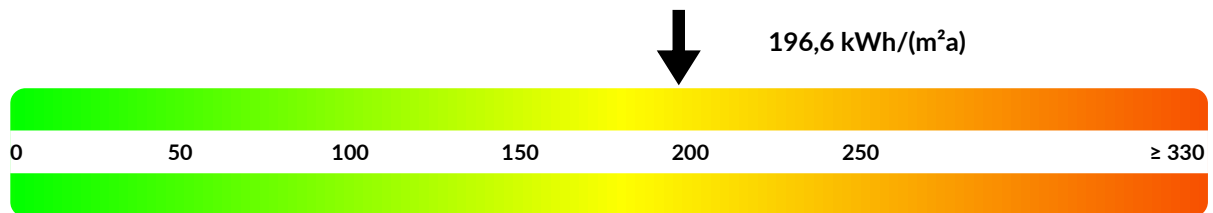
Kenndaten

Wert Einheit

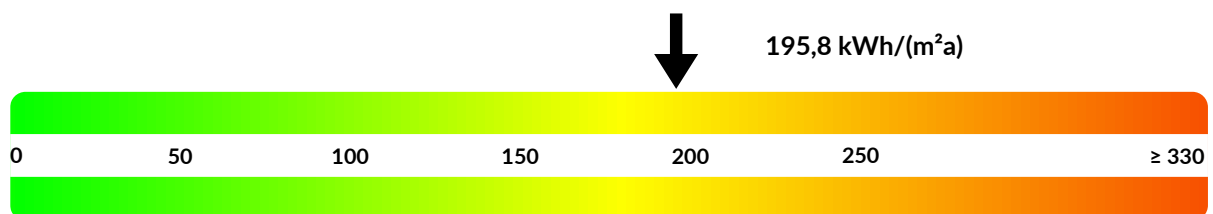
Kosten/Nutzen-Faktor³⁹

0,88 €/kWh

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



³⁹ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

3.7 SV6: SOLARTHERMIE-ANLAGE

In dieser Maßnahme wird die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung untersucht. Die Funktion und Vorteile einer solarthermischen Anlage wurden bereits in Abschnitt 2 erläutert. In der Simulation wurden 7 Module Vakuumröhrenkollektoren (18,17 m²) berücksichtigt. Es ergibt sich ein voraussichtlicher jährlicher solarer Deckungsanteil von ca.40.%

Zur Bemessung und detaillierten Angabe von Kennzahlen und Deckungsanteilen ist eine Fachplanung erforderlich.

Zu beachten ist, dass der tatsächliche jährliche Deckungsgrad niedriger ausfallen kann, da das Gebäude im Sommer, wo die Solaranlage besonders hohe Deckungsanteile liefern kann, weniger genutzt wird (Sommerferien, Hitzefrei etc.).

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-6 aufgeführt.

Tabelle 3-6: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁴⁰

| Sanierungsvariante | SV4: Solarthermie-Anlage | |
|--|--------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 9.100 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ⁴¹ | 37.442 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 36.635 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 807 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 2,2 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁴¹ | 383.730 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 196,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 368.146 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 188,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 15.584 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 4,1 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{41 42} | 107.909 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴² | 104.617 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁴² | 3.291 | kg/a |

⁴⁰ Alle Kostenangaben sind brutto und beziehen sich nur auf die Anschaffungskosten der Kollektoren. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁴¹ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

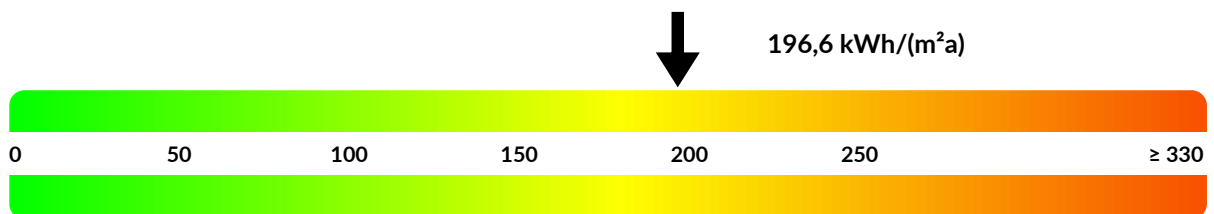
⁴² Emissionsfaktoren nach GEG

Sanierungsvariante

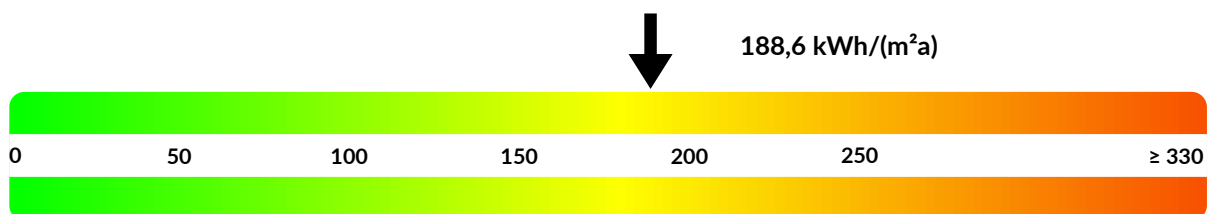
SV4: Solarthermie-Anlage

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|-------------|----------------|
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁴² | 3,0 | % |
| Nutzungsdauer | 20 | a |
| dynamische Amortisation | 9 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ⁴³ | 0,03 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



⁴³ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

3.8 SV7: PV-ANLAGE

Zur Stromerzeugung wird in dieser Maßnahme eine Photovoltaik-Anlage aus monokristallinem Silizium installiert. In der Simulation beträgt die Kollektorfläche 150,5 m², womit sich eine Peakleistung von 28,98 kWp ergibt. Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage ist ein hoher Eigenverbrauch des Solarstroms ausschlaggebend. Für die Anlage ergibt sich voraussichtlich ein Eigennutzungsanteil von ca. 44,1%, bezogen auf den berechneten Strombedarf und den abgeschätzten Nutzerstrom. Die Einspeisevergütung gemäß EEG (Vergütung entsprechend März 2021) wurde in der Wirtschaftlichkeitsberechnung mitberücksichtigt.

Gemäß GEG werden Einsparungen der PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem

wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden. Um eine Anlage zu untersuchen, welche dem realen Bedarf näherkommt, wurde die Berechnung der PV-Anlage abweichend vom GEG durchgeführt. Dazu gehört die Verringerung des Strombezugs aus dem Netz und die damit zusammenhängende Amortisationszeit.

Für die Berechnung genauer Kennzahlen ist eine Fachplanung erforderlich. Falls eine Aufdachanlage in Betracht gezogen wird muss die Tragfähigkeit des Daches vorher durch einen Sachverständigen geprüft werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-7 aufgeführt.

Tabelle 3-7: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁴⁴

| Sanierungsvariante | SV5: PV-Anlage | |
|--|----------------|---------|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 40.572 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ⁴⁵ | 37.442 | €/a |
| Energiekosten in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁴⁶ | 28.037 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴⁶ | 24.902 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁴⁶ | 3.135 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁴⁶ | 11,2 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁴⁵ | 383.730 | kWh/a |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁴⁶ | 350.140 | kWh/a |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴⁶ | 338.944 | kWh/a |
| jährliche Endenergieeinsparung ⁴⁶ | 11.196 | kWh/a |

⁴⁴ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁴⁵ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁴⁶ bezogen auf den errechneten Energiebedarf des Gebäudes plus dem aus den Verbrauchsdaten abgeschätzten Nutzerstrom

Sanierungsvariante

SV5: PV-Anlage

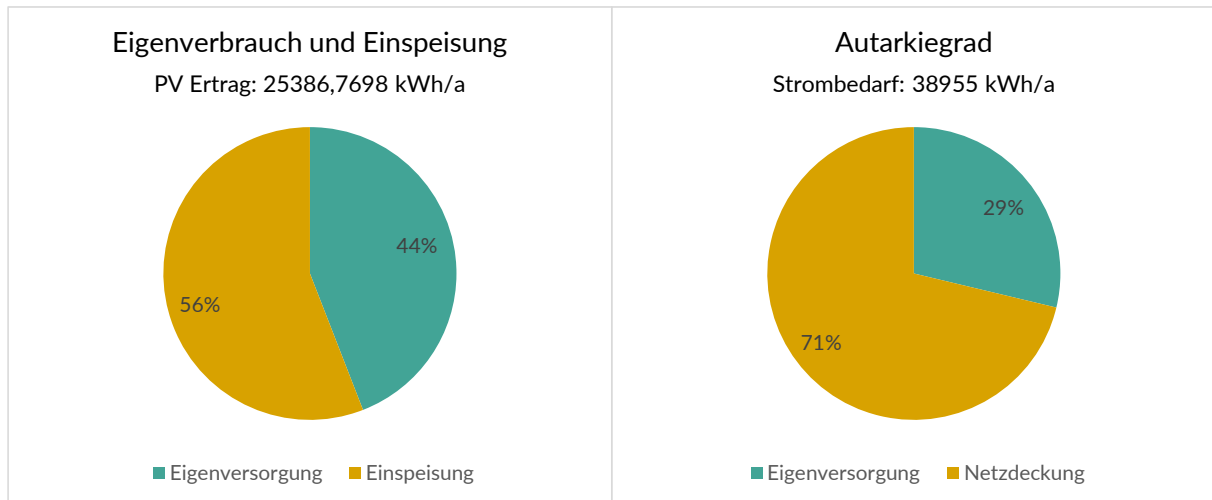
| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|-------------|----------------|
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung ⁴⁶ | 3,2 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ^{46 47} | 89.098 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{46 47} | 82.828 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{46 47} | 6.270 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{46 47} | 7,0 | % |
| Nutzungsdauer | 20 | a |
| dynamische Amortisation ⁴⁶ | 11 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ^{46 48} | 0,18 | €/kWh |

Gemäß GEG wird die PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden. Um eine Anlage zu untersuchen, welche dem realen Bedarf näherkommt, wird nachfolgend abweichend vom GEG eine eigene Abschätzung der PV-Anlage gemacht. Dazu gehört die Verringerung des Strombezugs aus dem Netz und die damit zusammenhängende Amortisationszeit.

| | | |
|---|--------|-------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 40.572 | € |
| Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer) | 38.955 | kWh/a |
| Jahresertrag | 25.387 | kWh/a |
| Eigenverbrauch | 11.196 | kWh/a |
| Einspeisung | 14.191 | kWh/a |
| CO ₂ -Reduktion durch verringerten Netzbezug | 6.270 | kg/a |
| CO ₂ -Reduktion durch Verdrängung im Netz | 7.947 | kg/a |

⁴⁷ Emissionsfaktoren nach GEG

⁴⁸ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow



3.9 VORSCHLAG

In diesem Vorschlag werden Sanierungsvarianten 3-5 kombiniert dargestellt. Dies beinhaltet den Beleuchtungstausch zu LEDs, die Installation einer Solarthermieanlage, sowie einer PV-Anlage

Die Bauteile der thermischen Hüllfläche werden in dieser Kombination nicht saniert, da die prognostizierten Kosten in keinem guten Verhältnis zum zu erwarteten Nutzen stehen.

Die Umrüstung der Beleuchtung auf LED mit Bewegungsmeldern und die Installation einer Solarthermie- und PV-Anlage zur Erzeugung erneuerbarer Energien vor Ort genügen, um die Turnhalle zukunftsfähig zu gestalten und die CO₂ Emissionen zu reduzieren.

Details zu den einzelnen Maßnahmen können den jeweiligen Abschnitten entnommen werden. Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-8 aufgeführt.

Tabelle 3-8: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁴⁹

| Sanierungsvariante | SV6: Vorschlag | |
|--|----------------|---------|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 116.740 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ⁵⁰ | 37.442 | €/a |
| Energiekosten in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁵¹ | 28.037 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁵¹ | 21.977 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁵¹ | 6.059 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr ⁵¹ | 21,6 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁵⁰ | 383.730 | kWh/a |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ⁵¹ | 350.140 | kWh/a |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁵¹ | 321.819 | kWh/a |
| jährliche Endenergieeinsparung ⁵¹ | 28.320 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung ⁵¹ | 8,1 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation inkl. Nutzerstrom ^{51 52} | 89.098 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{51 52} | 76.097 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{51 52} | 13.001 | kg/a |

⁴⁹ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁵⁰ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁵¹ bezogen auf den errechneten Energiebedarf des Gebäudes plus dem aus den Verbrauchsdaten abgeschätzten Nutzerstrom

⁵² Emissionsfaktoren nach GEG

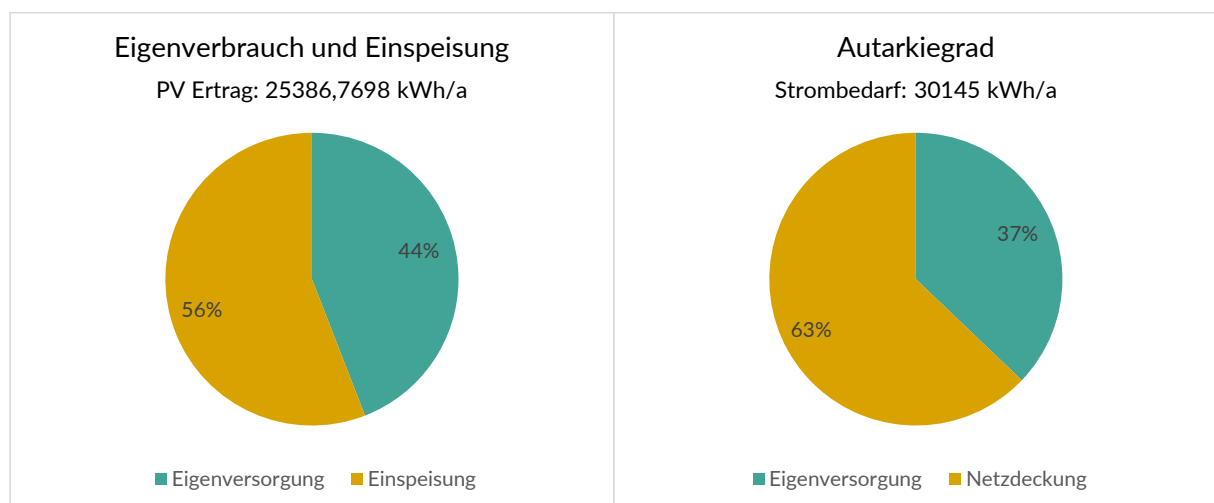
Sanierungsvariante

SV6: Vorschlag

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|---|------|---------|
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{51 52} | 14,6 | % |
| Nutzungsdauer | 20 | a |
| dynamische Amortisation ⁵¹ | 14 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ^{51 53} | 0,21 | €/kWh |

Gemäß GEG wird die PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden. Um eine Anlage zu untersuchen, welche dem realen Bedarf näherkommt, wird nachfolgend abweichend vom GEG eine eigene Abschätzung der PV-Anlage gemacht. Dazu gehört die Verringerung des Strombezugs aus dem Netz und die damit zusammenhängende Amortisationszeit.

| | | |
|---|---------|-------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 116.740 | € |
| Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer) | 30.145 | kWh/a |
| Jahresertrag | 25.387 | kWh/a |
| Eigenverbrauch | 11.196 | kWh/a |
| Einspeisung | 14.191 | kWh/a |
| CO ₂ -Reduktion durch verringerten Netzbezug | 6.270 | kg/a |
| CO ₂ -Reduktion durch Verdrängung im Netz | 7.947 | kg/a |



⁵³ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

4 FAZIT

Für die Sporthalle Wahrsow wird die **Sanierungsvariante SV6: Vorschlag** (die Umrüstung auf LED-Beleuchtung mit Präsenzmeldung, die Installation von einer Solarthermie- und PV-Anlage) empfohlen. Für die Maßnahmen sind Investitionen (Gesamtkosten) von ca. 116.740 € brutto erforderlich, wodurch jährlich etwa 6.059 € (21,6%) an Energiekosten eingespart werden können.

Außerdem führt die Umsetzung zu jährlichen CO₂-Einsparungen von etwa 13.001 kg/a (ca. 14,6%) und senkt den Primärenergiebedarf jährlich um ungefähr 44.250 kWh/a (11,7%) auf 334.250 kWh/a.

Die wichtigsten Kennzahlen sind für den Ausgangsfall sowie für die wesentlichen Sanierungsmaßnahmen in Abbildung 4-1 bis Abbildung 4-4 dargestellt.

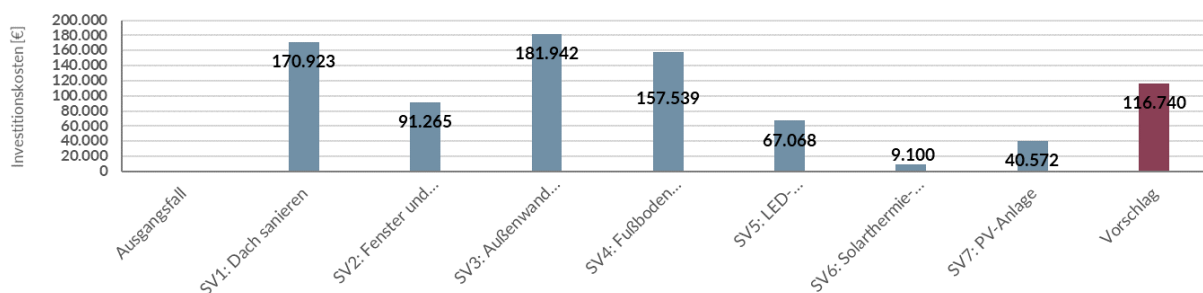


Abbildung 4-1: Investitionskosten der untersuchten Sanierungsvarianten

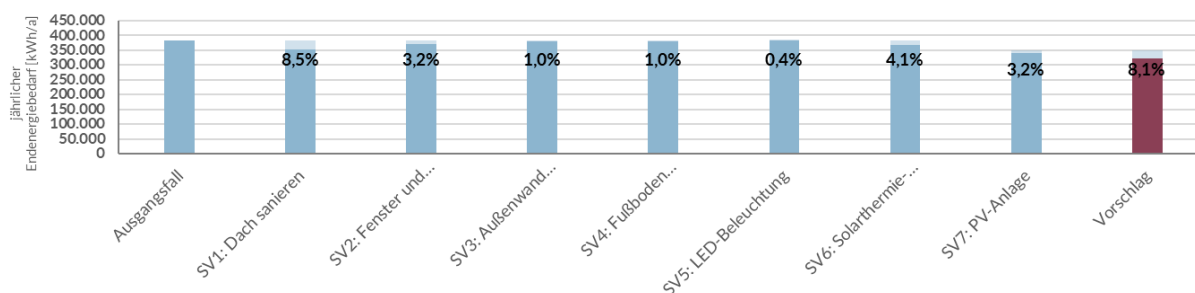


Abbildung 4-2: Jährlicher Endenergiebedarf im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Einsparung an Endenergie

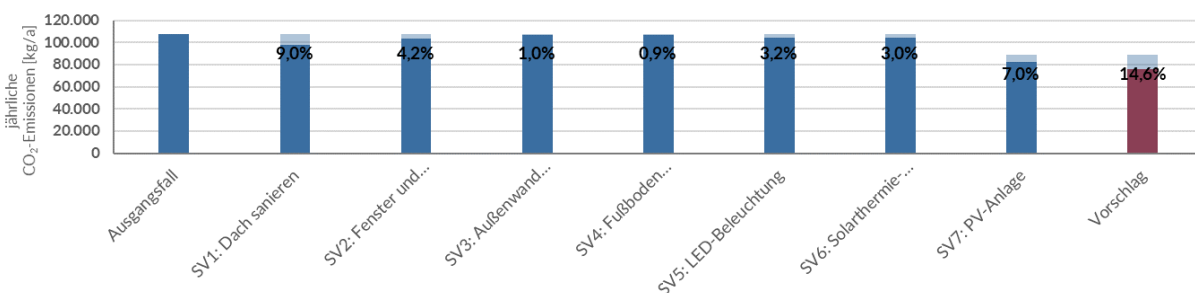


Abbildung 4-3: Jährliche CO₂-Emissionen im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Einsparung an CO₂-Emissionen

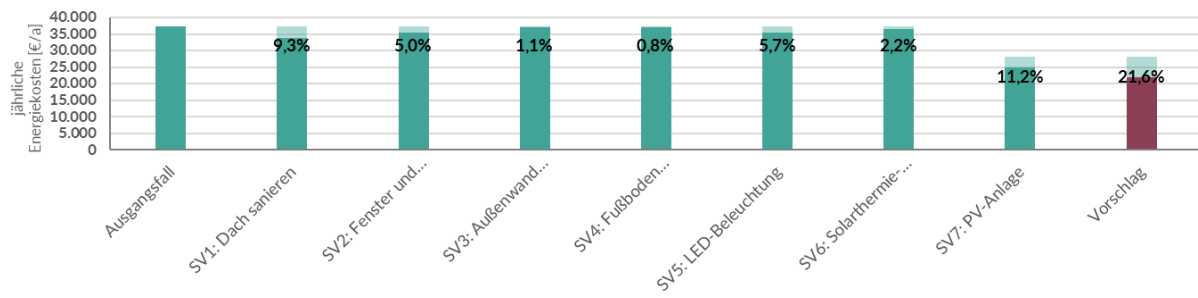


Abbildung 4-4: Jährliche Energiekosten im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Energiekosteneinsparungen

5 FÖRDERMITTEL

Im Folgenden wird eine Übersicht über in Frage kommende Fördermittel gegeben. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

Die Kombination verschiedener Fördermittel ist im Einzelfall zu prüfen. Ist geplant Landes- und Bundesmittel zu kumulieren, sollte sich frühzeitig an den Projektträger Jülich und die zuständige Ansprechperson auf Landesebene gewendet werden.

5.1 BUNDESFÖRDERUNG FÜR EFFIZIENTE GEBÄUDE (BEG)

Die Bundesförderung für Effiziente Gebäude (BEG) stellt seit 2021 die energetische Gebäudeförderung des Bundes dar und löst damit Programme wie das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm (Programme Energieeffizient Bauen und Sanieren), das Programm zur Heizungsoptimierung (HZO), das Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) und das Marktanreizprogramm zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (MAP) ab.

Die BEG gliedert sich in drei Teilbereiche:

- ▶ Einzelmaßnahmen (BEG EM)
- ▶ Wohngebäude (BEG WG)
- ▶ Nichtwohngebäude (BEG NWG)

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Privatpersonen und Wohnungseigentümergeinschaften
- ▶ freiberuflich Tätige
- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften, kommunale Gemeinde- & Zweckverbände, rechtlich unselbständige Eigenbetriebe von kommunalen Gebietskörperschaften, sofern diese zu Zwecken der Daseinsvorsorge handeln
- ▶ Körperschaften & Anstalten des öffentlichen Rechts (z.B. Kammern oder Verbände)
- ▶ gemeinnützige Organisationen (einschließlich Kirchen)
- ▶ Unternehmen (einschließlich Einzelunternehmer & kommunale Unternehmen)

- ▶ sonstige juristische Personen des Privatrechts (einschließlich Wohnungsbaugenossenschaften)

Die Antragsberechtigung gilt für Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, Grundstücksteils, Gebäudes oder Gebäudeteils, auf oder in dem die Maßnahme umgesetzt werden soll, sowie für Contractoren.

5.1.1 BEG Einzelmaßnahmen (EM)

Die BEG EM ist im Januar 2021 in der Zuschussvariante beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gestartet, die BEG EM in der Kreditvariante erfolgt durch die KfW seit dem 1. Juli 2021.

Bei der Antragstellung für Einzelmaßnahme an der Gebäudehülle und Anlagentechnik (außer Heizung) müssen Energie-Effizienzexperten (EEE) eingebunden werden. Die Antragstellung ohne Einbindung eines EEE ist nur für Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik) und Heizungsoptimierung möglich.

Die Förderquoten sind in Tabelle 5-1 aufgeführt. Bei der Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP), ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5% möglich.

Das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen liegt in der Regel bei 2.000 € (brutto). Für Maßnahmen der Heizungsoptimierung beträgt das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen 300 € (brutto). Die förderfähigen Ausgaben für energetische Sanierungsmaßnahmen sind für Nichtwohngebäude gedeckelt auf 1.000 €/m²(NGF) und insgesamt auf maximal 15 Mio. €. Für Wohngebäude sind die förderfähigen Ausgaben für energetische Sanierungsmaßnahmen auf 60.000 € pro Wohneinheit gedeckelt.

Für die Fachplanung und Baubegleitung der Maßnahmen ist zusätzlich eine Förderung von 50% der förderfähigen Ausgaben möglich. Die förderfähigen Ausgaben sind hier gedeckelt auf

5 €/m²_(NGF) und insgesamt auf maximal 20.000 € pro Zuwendungsbescheid.

Die BEG EM kann grundsätzlich mit anderen Fördermitteln kumuliert werden (Ausnahme

EEG-Förderung, KfW-Förderungen). Dabei darf jedoch maximal eine Förderquote von 60% erreicht werden, andernfalls wird die Förderung entsprechend gekürzt.

Tabelle 5-1: Übersicht der Förderquoten von Einzelmaßnahmen der BEG

| Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG) | | Fördersatz |
|---|--|--|
| Gebäudehülle | Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz | 20% |
| Anlagentechnik | Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen, WG: Einbau „Efficiency Smart Home“ NWG: Einbau Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme | 20% |
| Heizungsanlagen | Gas-Brennwertheizungen „Renewable Ready“ | 20% |
| | Gas-Hybridanlagen | 30% ⁵⁴ |
| | Solarthermieanlagen | 30% |
| | Wärmepumpe; Biomasseanlagen; innovative Heizanlagen auf EE-Basis; EE-Hybridheizungen | 35% ⁵⁴ |
| | Anschluss an Gebäude-/Wärmenetz | |
| | Min. 25% EE Min. 55% EE | 30% ⁵⁴ 35% ⁵⁴ |
| Heizungsoptimierung | Hydraulischer Abgleich; Austausch heizungspumpen, Anpassung Temperaturen/Pumpenleistungen; Optimierung Wärmepumpe; Dämmung Rohrleitungen | 20% |

5.1.2 BEG Wohngebäude und Nichtwohngebäude

Mit der BEG WG bzw. NWG werden der Neubau oder die Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG) zu Effizienzgebäuden gefördert. Die BEG NWG und BEG WG (Zuschuss- und Kreditvariante) erfolgen durch die KfW ab 1. Juli 2021. Ab 2023 erfolgt die Förderung in jedem Fördertatbestand wahlweise als direkter Investitionszuschuss des BAFA oder als zinsverbilligter Förderkredit mit

Tilgungszuschuss der KfW. Für kommunale Gebietskörperschaften sowie Gemeinde- und Zweckverbände orientiert sich der Zinssatz beim Kredit an der Kapitalmarktentwicklung. Für alle übrigen Antragsteller hängt der Zinssatz von Ihrer Bonität ab.

Grundsätzlich darf mit dem Vorhaben (Neubau oder Sanierung) erst nach der Beantragung der Förderung gestartet werden. Die Sanierung von Gebäuden kann gefördert werden, wenn diese mindestens 5 Jahre alt sind, das heißt der

⁵⁴ Wird eine mit Öl betriebene Heizungsanlage ausgetauscht erhöht sich die Förderung um 10%.
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

Bauantrag oder die Bauanzeige mindestens 5 Jahre zurückliegt.

Die folgenden Ausführungen sowie die Übersicht der möglichen (Tilgungs-)zuschüsse in Tabelle 5-2 beziehen sich auf die Förderung für Nichtwohngebäude (NWG).

Die Höchstgrenze der förderfähigen Kosten beträgt für NWG 2.000 €/m²_{NGF} und insgesamt maximal 30 Millionen Euro.

Für die Fachplanung und Baubegleitung der Maßnahmen ist zusätzlich eine Förderung von 50% der förderfähigen Ausgaben möglich. Die förderfähigen Ausgaben sind gedeckelt auf 10 €/m²_(NGF) und insgesamt auf maximal 40.000 € pro Zusage und Kalenderjahr.

Die Höhe des (Tilgungs-)zuschusses steigt, wenn zusätzlich die Erneuerbare-Energien-Klasse (EE-Klasse) oder die Nachhaltigkeitsklasse erreicht wird. Zum Erreichen der EE-Klasse muss die neu eingebaute Heizungsanlage auf Basis erneuerbarer Energien mindestens 55% des Energiebedarfs des Gebäudes decken.⁵⁵ Für die Nachhaltigkeitsklasse muss ein Nachhaltigkeitszertifikat ausgestellt werden. Auch die Nachhaltigkeitszertifizierung kann mit 50% durch einen (Tilgungs-)zuschuss gefördert werden, wenn eine Effizienzhaus-Stufe mit Nachhaltigkeits-Klasse erreicht wird. Für diesen (Tilgungs-)zuschuss gelten die gleichen Höchstbeträge wie für die Fach- und Baubegleitung.

Tabelle 5-2: (Tilgungs-)zuschüsse im Rahmen der BEG NWG für den Neubau oder die Sanierung von Effizienzgebäuden. Die jeweils höheren Förderquoten können mit Einhaltung der EE-Klasse oder der Nachhaltigkeitsklasse erreicht werden.

| Effizienzgebäude | (Tilgungs-)zuschuss | |
|--------------------------|---------------------|---------------|
| | Neubau | Sanierung |
| Effizienzgebäude 40 | 20% / 22,5% | 45% / 50% |
| Effizienzgebäude 55 | 15% / 17,5% | 40% / 45% |
| Effizienzgebäude 70 | -- | 35% / 40% |
| Effizienzgebäude 100 | -- | 27,5% / 32,5% |
| Effizienzgebäude Denkmal | -- | 25% / 30% |

5.2 DIE KOMMUNALRICHTLINIE

Seit 2008 profitieren Kommunen von den in der „Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative“ (Kommunalrichtlinie) festgelegten Fördermöglichkeiten der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums.

Unterschieden werden strategische und investive Förderschwerpunkte. In Tabelle 5-3 wird ein Überblick über die Förderschwerpunkte und die grundsätzlichen Förderquoten für Kommunen, Kitas, Schulen, Jugendeinrichtungen, Hochschulen und Religionsgemeinschaften gegeben.⁵⁶

Finanzschwache Kommunen können eine vom Fördergegenstand abhängige um 5% bis 25% erhöhte Förderquote erhalten. Kitas, Schulen,

⁵⁵ Bei der Sanierung zum Effizienzgebäude muss die neue Heizungsanlage Bestandteil der Sanierung sein, um die Förderung zu erhalten.

⁵⁶ Details zu Förderungen von externen Dienstleistern zur Fokusberatung, Netzwerkmanagern, Sportvereinen, kulturellen Einrichtungen, Werkstätten für Menschen mit Behinderung, Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

Aufgabenträger des öffentlichen Nahverkehrs, Unternehmen mit kommunalen Entsorgungsauftrag und öffentlich-rechtlich organisierten Wasserwirtschaftsverbänden sind nicht aufgeführt. Sie können der Kommunalrichtlinie entnommen werden.

Jugendwerkstätten, Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe sowie Sportstätten erhalten in einigen investiven Förderschwerpunkten eine um 5% erhöhte Förderquote. Die Förderquote für Antragsstellende aus Braunkohlerevieren ist in allen Förderschwerpunkten um 15% erhöht.

Vom 1. August 2020 bis zum 31. Dezember 2021 werden im Zuge des Corona-Konjunkturpakets der Bundesregierung außerdem alle Förderquoten in der Richtlinie um jeweils 10% angehoben. Damit sind in diesem Zeitraum Zuschüsse bis zu 100% der Gesamtinvestition möglich.

Anträge können für alle Förderschwerpunkte ganzjährig eingereicht werden. Nach Einreichen des Antrags erhält der Antragsteller eine Eingangsbestätigung. Wenn der Antrag den Zuwendungsbedingungen entspricht und alle Fragen geklärt sind, erlässt der vom Bundesumweltministerium beauftragte Projektträger Jülich (PtJ) den Bewilligungsbescheid. Dieser gilt

als Startschuss für die Projektumsetzung: Vorher darf mit dem Vorhaben nicht begonnen werden; auch dürfen einzelne Leistungen noch nicht ausgeschrieben werden. Im Auftrag des Bundesumweltministeriums bietet das Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz (SK:KK) eine umfassende Beratung zur Kommunalrichtlinie und zu weiteren Fördermöglichkeiten im kommunalen Klimaschutz. Für Auskünfte zu einzelnen Projektanträgen steht der PtJ zur Verfügung.

Die Fördermittel der Kommunalrichtlinie können grundsätzlich mit anderen Fördermitteln (z.B. der Bundesländer) kumuliert werden, sofern beihilferechtliche Vorgaben (siehe Nummer 6.1 der Kommunalrichtlinie) dem nicht entgegenstehen. Zu beachten ist, dass Eigenmittel in Höhe von mindestens 15% (bzw. für Anträge bis zum 31.12.2021 5%) des Gesamtvolumens der zuwendungsfähigen Ausgaben eingebracht werden müssen.

Tabelle 5-3: Auszug und Überblick aus der Kommunalrichtlinie für mögliche Förderungen von Kommunen, Kitas, Schulen, Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen und Religionsgemeinschaften.

| Förderung | Kommunen ⁵⁷ | Kitas, Schulen, weitere Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen & Religionsgemeinschaften |
|---|------------------------|---|
| Strategische Förderschwerpunkte | | |
| Fokusberatung | 65% | 65% |
| Energie- & Umweltmanagementsysteme | 40% | 40% |
| Energiesparmodelle | 65% | 65% ⁵⁸ |
| Starterpaket für Energiesparmodelle | 50% | 50% ⁵⁸ |
| Potenzialstudien | 50% | 50% |
| Erstvorhaben Klimaschutzkonzept & -management | 65% | 65% ⁵⁹ |
| Anschlussvorhaben Klimaschutzmanagement | 40% | 40% ⁵⁹ |

⁵⁷ Gilt bis auf Energiesparmodelle und Starterpakete für Energiesparmodelle auch für Betriebe, Unternehmen und Einrichtungen mit mindestens 25% kommunaler Beteiligung.

⁵⁸ Nur für Kitas, Schulen und weitere Jugendeinrichtungen

⁵⁹ Nur für Hochschulen und Religionsgemeinschaften

| Förderung | Kommunen ⁵⁷ | Kitas, Schulen, weitere Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen & Religionsgemeinschaften |
|--|------------------------|---|
| Ausgewählte Maßnahmen aus Klimaschutzkonzept | 50% | 50% ⁵⁹ |
| Investive Förderschwerpunkte | | |
| Außen- & Straßenbeleuchtung | 20% | 20% |
| Straßenbeleuchtung adaptive Nutzung | 25% | -- |
| Beleuchtung für Lichtsignalanlagen | 20% | -- |
| Innen- & Hallenbeleuchtung | 25% | 25% |
| Raumlufttechnische Anlagen | 25% | 25% |
| Mobilitätsstationen | 40% | -- |
| Verbesserung des Radverkehrs | 40% | 40% |
| Radabstellanlagen (bahnhofsnahe) | 60% | 60% |
| Intelligente Verkehrssteuerung | 30% | -- |
| Sammlung Garten- & Grünabfällen | 40% | -- |
| Emissionsarme Verkehrssteuerung | 40% | -- |
| Siedlungsabfalldeponien | 50% | -- |
| Kläranlagen | 30% | -- |
| Trinkwasserversorgung: energieeffiziente Aggregate / systemische Optimierung | 30% / 20% | -- |
| Rechenzentren | 40% | 40% |
| Weitere Investive Maßnahmen ⁶⁰ | 40% | 40% |

5.3 KLIMAAANPASSUNG IN SOZIALEN EINRICHTUNGEN

Die 2020 gestartete Förderrichtlinie „Klimaanpassungen in sozialen Einrichtungen“ des Bundesumweltministeriums (BMU) richtet sich an Kommunen, gemeinnützige Vereinigungen

sowie Organisationen und Unternehmen, die im Gesundheits- und Sozialwesen tätig sind. Im Mittelpunkt stehen Konzepte und Maßnahmen, um soziale Einrichtungen gegen die Folgen des Klimawandels wie Hitze, Starkregen oder Hochwasser zu wappnen.

⁶⁰ Unter weitere investive Maßnahmen fällt u.a. die Anpassung oder der Rückbau ineffizienter zentraler Warmwassersysteme, der Austausch nicht regelbarer Pumpen (Schwimmbäder), der Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik in Verbindung mit einer Gebäudeleittechnik zur Gebäudeautomation, der Einbau außenliegender Verschattungsvorrichtungen (wenn dadurch eine aktive Kühlung verringert oder vermindert werden kann) sowie der Austausch von Elektrogeräten zur Erwärmung, Kühlung und Reinigung in Schul- und Lehrküchen, Fach- und Technikräumen sowie Kindertagesstätten.

In der Richtlinie werden drei wesentliche Förderschwerpunkte (FSP) unterschieden:

- ▶ FSP 1: Beratung und Erstellung von Konzepten zur Anpassung an den Klimawandel in sozialen Einrichtungen,
- ▶ FSP 2: Investive Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in sozialen Einrichtungen,
- ▶ FSP 3: Kampagnen und Weiterbildungsprogramme zur Sensibilisierung für den Umgang mit klimabedingten Belastungen im Bereich der Sozial- und Bildungsarbeit.

Es können mehrere Förderschwerpunkte gleichzeitig beantragt werden. Die Erstellung eines Anpassungskonzeptes (FSP 1) soll die Umsetzung von Maßnahmen (FSP 2) ermöglichen. Voraussetzung für die Beantragung von investiven Maßnahmen ist der Nachweis einer fachkundigen Beratung oder eines Anpassungskonzeptes.

Die jeweiligen Förderquoten sowie angestrebte Laufzeiten und Mindestsummen der Zuwendung sind Tabelle 5-4 zu entnehmen.

Förderfähige investive Maßnahmen an Gebäuden sind u.a.:⁶¹

- ▶ Verschattung am Gebäude (z.B. Jalousien, Markisen, Roll- und Fensterläden sowie statischer Sonnenschutz),
- ▶ Fenster mit Sonnen-/ Wärmeschutzverglasung und Mehrfachverglasung,
- ▶ Hitzereduzierung durch bauliche Veränderungen unter besonderer Berücksichtigung innovativer Baumaterialien (z.B. Schaffung heller Oberflächen zur Reflexion), Erhöhen der Bauteilmasse (z.B. Leichtbauwände mit Phasenwechselmaterialien), Wärmedämmung und /oder Freilegen von massiven Bauteilen,
- ▶ Befeuchtungsanlagen zur adiabatischen Kühlung von Außenanlagen,

- ▶ Dach- und Fassadenbegrünung am Gebäude.

Förderfähige investive Maßnahmen im Gebäude sind u.a.:

- ▶ Anlagen zur passiven Raumkühlung,
- ▶ Anlagen zur Belüftung oder Raumluftreinigung in medizinischen Einrichtungen,
- ▶ Errichtung von Cooling Centres für vulnerable Personengruppen,
- ▶ Nachrüstung einer Wärmerückgewinnung in bestehende raumlufttechnische Anlagen,
- ▶ Beschaffung von Kühlwesten und energieeffizienten Ventilatoren,
- ▶ Installation von leitungsgebundenen Trinkwasserspendern.

Des Weiteren können Maßnahmen im Umfeld von Gebäuden wie die Verschattung von Aufenthaltsbereichen, die Straßen- und Hofbegrünung, die Entsiegelung von Flächen oder die Schaffung von Verdunstungsflächen, klimaangepassten Multifunktionsflächen und Schutzbarrieren gegen eindringendes Wasser gefördert werden. Eine vollständige Ausführung ist der Förderrichtlinie zu entnehmen.

Anträge können während bestimmter Förderfenster gestellt werden. Das erste Förderfenster wurde im Dezember 2020 geschlossen. Das nächste Antragsfenster liegt voraussichtlich im Frühjahr 2022. Das Förderprogramm hat eine Laufzeit bis 2023.

Die Kumulierung mit anderen Förderprogrammen des Bundes ist ausgeschlossen. Die Kumulierung mit Drittmitteln oder Förderungen Dritter (z.B. Zuschussförderungen aus EU- oder Länderförderprogrammen) ist möglich, wenn dem keine beihilferechtlichen Vorgaben entgegenstehen und eine angemessene Eigenbeteiligung durch Eigenmittel erfolgt.

⁶¹ Voraussetzung ist, dass der Bauantrag für betreffende Gebäude vor dem 1.10.2007 gestellt wurde (gilt nicht für Dach- und Fassadenbegrünung)
Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

Tabelle 5-4: Übersicht über Mindestsummen, Laufzeiten und Förderquoten der Förderschwerpunkte im Rahmen der Förderrichtlinie „Klimaanpassungen in sozialen Einrichtungen“

| | Förderschwerpunkt | | |
|---|------------------------------|--|-------------------|
| | FSP 1 | FSP 2 | FSP 3 |
| Mindestsumme der beantragten Zuwendung | 10.000 € | 5.000 € bzw. 50.000 € ⁶² | 20.000 € |
| Laufzeit Vorhaben / Abschluss des Vorhabens | 6 Monate / bis 01.07.2023 | 15 Monate / bis 01.07.2023 | Bis 01.07.2023 |
| Maximale Förderquoten | | | |
| Juristische Personen des öffentlichen Rechts mit nicht wirtschaftlicher Betätigung (insb. Kommunen) ⁶³ | 90% | 80% | 80% |
| Finanzschwache Kommunen & gemeinnützige Personen des Privatrechts (z.B. Wohlfahrtsverbände) | 90% | 90% | 90% |
| Juristische Personen des öffentlichen Rechts & des Privatrechts mit wirtschaftlicher Betätigung | 75% | 75% | 75% |
| Staatliche & staatlich anerkannte Hochschulen & öffentlich grundfinanzierte Forschungseinrichtungen | -- | -- | 85% |

5.4 BUNDESFÖRDERUNG ENERGIEBERATUNG FÜR NICHTWOHN- GEBÄUDE, ANLAGEN UND SYSTEME (EBN)

Das Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ ersetzt die Richtlinien „Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen und gemeinnützigen Organisationen“ und „Energieberatung im Mittelstand“.

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften
- ▶ Kommunale Zweckverbände nach dem jeweiligen Zweckverbandsrecht (ausschließlich inländische)
- ▶ Gemeinnützige Organisationen & Religionsgemeinschaften
- ▶ Soziale & gesundheitliche Einrichtungen
- ▶ Kultureinrichtungen
- ▶ Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit < 250 Beschäftigte &

Jahresumsatz < 50 Mio. € oder Jahresbilanzsumme < 43 Mio. €

- ▶ Nicht-KMU (Gesamtenergieverbrauch max. 500.000 kWh)

Die Förderung kann unter Umständen mit anderen Förderungen (z.B. der Länder) kumuliert werden. Die maximale Förderquote darf 90% jedoch nicht übersteigen.

Das Programm gliedert sich in drei Module.

5.4.1 Modul 1: Energieaudit

In Modul 1 werden Energieaudits gefördert. Durch diese können Informationen über bestehende Energieverbrauchsprofile von Gebäuden, Betriebsabläufen oder industriellen/gewerblichen Anlage ermittelt und Möglichkeiten für wirtschaftliche Energieeinsparungen dargestellt werden.

Die Förderung beträgt 80% des Beratungshonorars, jedoch bei jährlichen Energiekosten von mehr als 10.000 € max. 6.000 € und bei

⁶² Auf Grundlage einer einfachen Beratung bzw. auf Grundlage eines umfassenden Konzeptes

jährlichen Energiekosten von weniger als 10.000 € max. 1.200 €.

5.4.2 Modul 2: Energieberatung DIN 18599

In Modul 2 wird die Erstellung eines energetischen Sanierungskonzeptes für Nichtwohngebäude gefördert. Die Beratung kann entweder durch ein Konzept für eine Schritt für Schritt Sanierung mehrerer abgestimmter Maßnahmen (Sanierungsfahrplan) oder durch ein Konzept für eine umfassende Sanierung mit Ziel des Erreichens des Standards eines Energieeffizienzgebäudes des Bundes erfolgen. Eine Neubauberatung ist möglich, wenn das Ziel eines bundesgeförderten Effizienzhauses besteht.

Die Förderung beträgt 80% des förderfähigen Beratungshonorars, jedoch abhängig von der Grundfläche des Gebäudes max. 1.700 € für weniger als 200 m², max. 5.000 € von 200 m² bis 500 m² und max. 8.000 € für mehr als 500 m².

5.4.3 Modul 3: Contracting-Orientierungsberatung

In Modul 3 wird die Contracting-Orientierungsberatung mit Ziel eines Contracting- Modells mit vertraglicher Einspargarantie für geeignete Gebäude oder Gebäude-Pools gefördert.

Die Förderung beträgt 80% des Beratungshonorars, jedoch bei jährlichen Energiekosten von mehr als 300.000 € max. 10.000 € und bei jährlichen Energiekosten von weniger als 300.000 € max. 7.000 €.

5.5 WEITERE BUNDES-FÖRDERPROGRAMME

5.5.1 Bundesförderung Corona-gerechte Um- und Aufrüstung von stationären raumluftechnischen Anlagen

Im Rahmen der „Bundesförderung Corona-gerechte Um- und Aufrüstung von stationären raumluftechnischen Anlagen“ werden Maßnahmen an bestehenden stationären, raumluftechnischen (RLT) Anlagen, die für die Zu- und Abführung sowie Verteilung der Luft mit einem im Beratungsbericht Sporthalle Wahrsow

Gebäude fest installierten Luftkanalsystem ausgestattet sind, gefördert, die dazu dienen, das Infektionsrisiko ausgehend von potenziell virusbeladenen Aerosolen durch unzureichende Lüftung in geschlossenen Räumen zu senken. Mindestens einer der über die Bestandsanlage versorgten Räume muss dabei regelmäßigen Personenansammlungen dienen und im Bestand mit einem Regelluftvolumenstrom von mindestens 400 m³/h versorgt werden.

Gefördert werden folgende Maßnahmen:

- ▶ Erwerb & Einbau von hochwertigen Filtern in bestehende Filterstufen zur Reinigung der Umluft (bis zu 3 vollständigen Filtersätzen),
- ▶ Maßnahmen zur Umluftvermeidung bzw. -reduzierung & zur Erhöhung des Frischluftanteils
- ▶ Maßnahmen zur Erhöhung der Frischluftzufuhr bei bestehenden reinen Zu-/ Abluftanlagen
- ▶ Umbauten an der RLT-Anlage zur Reinigung der Umluft durch Einbau infektionsschutzgerechter Filterstufen & Anlagen zur Luftdesinfektion
- ▶ Einbau von Steuerungs- und Regelungstechnik
- ▶ Erweiterung einer bestehenden RLT-Anlage durch nachträgliche Anbindung einzelner notwendiger Nebenräume
- ▶ Maßnahmen zur Optimierung der Lüftungsströmung in den Räumen, die von einer RLT-Anlage versorgt werden
- ▶ Erstellung eines Konzepts zur infektionsschutzgerechten Lüftung.

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Länder und Kommunen
- ▶ Unternehmen, Universitäten, Hochschulen, Träger öffentlicher Einrichtungen, institutionelle Zuwendungsempfänger (wenn diese min. zu 50% durch Bund, Länder oder Kommunen finanziert werden)
- ▶ Allgemein- & berufsbildende Schulen (nach 6b der Richtlinie),
- ▶ Medizinische Einrichtungen und Pflegeeinrichtungen (nach 6c/d der Richtlinie)

- ▶ Inklusionsbetriebe, Werkstätten, Einrichtungen der Behindertenhilfe, medizinische Behandlungszentren oder Blindenwerkstätten (nach 6e der Richtlinie)
- ▶ Tageseinrichtungen der Kinder- & Jugendhilfe (nach 6f der Richtlinie)

Gefördert werden die Investitionsausgaben sowie die Ausgaben für Planung und Montage in Höhe von bis zu 80% der förderfähigen Ausgaben. Das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen liegt bei Filtermaßnahmen sowie bei Maßnahmen zur Erhöhung des Frischluftanteils bzw. der Frischluftzufuhr bei 2.000 € und bei anderen förderfähigen Maßnahmen bei 5.000€. Die maximale Förderung beträgt 200.000 € pro RLT-Anlage.

5.5.2 BAFA: Kälte- und Klima-Anlagen

Das BAFA fördert im Rahmen der „Richtlinie zur Förderung von Kälte- und Klimaanlage mit nicht-halogenierten Kältemitteln in stationären und Fahrzeug-Anwendungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative“ (Kälte-Klima-Richtlinie) vom 27.08.2020 stationäre Kälte- und Klimaanlage sowie Fahrzeug-Klimaanlagen in Bussen und Schienenfahrzeugen, die mit nicht-halogenierten Kältemitteln betrieben werden.

Antragsberechtigt für stationäre Anlagen sind:

- ▶ Unternehmen
- ▶ Gemeinnützige Organisationen
- ▶ Kommunen
- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften
- ▶ Zweckverbände und Eigenbetriebe

- ▶ Hochschulen und Schulen
- ▶ Krankenhäuser
- ▶ Kirchliche Einrichtungen

Der Antragsteller muss entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem sich die Anlage befindet, oder ein vom Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks beauftragter Contractor sein.

Die Höhe der Förderung ist projektabhängig, beträgt jedoch maximal 50% der förderfähigen Kosten bzw. maximal 150.00 € pro Maßnahme.

5.5.3 Bundesförderung Wärmenetze 4.0

Die „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (Wärmenetzsysteme 4.0) fördert innovative Wärmenetzsysteme mit einem überwiegenden Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme. Die Förderung ist in vier Fördermodule gegliedert, die in Tabelle 5-5 dargestellt sind.

Antragsberechtigt für die Module I bis III sind:

- ▶ Unternehmen,
- ▶ Kommunen (wirtschaftlich tätig)
- ▶ kommunale Betriebe / Zweckverbände
- ▶ eingetragene Vereine / Genossenschaften

In Modul IV wird die wissenschaftliche Begleitung in Kooperation mit Antragstellern aus Modul II gefördert. Antragsberechtigt sind hierfür Einrichtungen für Forschung, Wissenschaft und Wissensverbreitung.

Die Antragsstellung für die Fördermodule kann bis zum 31.12.2022 gestellt werden.

Tabelle 5-5: Übersicht über die Bundesförderung Wärmenetze 4.0

| | Modul I | Modul II | Modul III | Modul IV |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Fördergegenstand | Machbarkeitsstudie | Realisierung | Informationsmaßnahmen | Capacity Building |
| Förderquote | bis 60% (max. 600.000 €) | bis 50% (max. 15 Mio. €) | bis 80% (max. 200.000 €) | bis 100% (max. 1 Mio. €) |

5.5.4 KfW: Zuschuss Brennstoffzelle

Das KfW-Programm „Energieeffizientes Bauen und Sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle“ (433) fördert den Einbau von stationären Brennstoffzellen in neuen oder bestehenden Wohn- und Nichtwohngebäuden in den Leistungsklassen von 0,25 bis 5,0 kW. Gefördert werden Kosten für Brennstoffzellensysteme und deren Einbau, Vollwartungsverträge in den ersten 10 Jahren und Leistungen von Energieeffizienzexperten.

Der Zuschuss beträgt bis zu 40% der förderfähigen Gesamtkosten und abhängig von der elektrischen Leistung max. 34.300 € (6.800 € Grundbetrag plus 550 € je 100 Watt Leistung).

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Natürliche Personen
- ▶ Wohnungseigentümergeinschaften
- ▶ Freiberuflich Tätigen
- ▶ In- & ausländische Unternehmen
- ▶ Contracting-Geber
- ▶ Kommunen
- ▶ Kommunale Unternehmen & kommunalen Zweckverbände
- ▶ Körperschaften & Anstalten des öffentlichen Rechts, z.B. Kammern/Verbände
- ▶ Gemeinnützige Organisationen & Kirchen

Die Kombination mit weiteren Förderungen aus Mitteln des Bundes wie Krediten, Zulagen und Zuschüssen ist nicht möglich.

5.5.5 KfW: Erneuerbare Energien Premium

Im Rahmen der KfW-Förderung „Erneuerbare Energien Premium“ (271) werden Investitionen zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien im Rahmen eines Kredits mit Tilgungszuschuss gefördert.

Zu diesen gehören:

- ▶ Solarkollektoranlagen (> 40 m²)
- ▶ Große Anlagen zur Verbrennung fester Biomasse
- ▶ Wärmenetze
- ▶ Biogasleitungen (> 300 m)
- ▶ Wärmespeicher (> 10 m³)
- ▶ Effiziente Wärmepumpen (> 100 kW)

- ▶ KWK-Biomasse-Anlagen (> 100 kW)
- ▶ Anlagen für die Erschließung von Tiefengeothermie (> 400 m Bohrtiefe)

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Unternehmen
- ▶ Privatpersonen und Freiberufler
- ▶ Landwirte
- ▶ Kommunen und kommunale Gebietskörperschaften & Gemeindeverbände
- ▶ Gemeinnützige Antragssteller & Genossenschaften
- ▶ Contractoren

Die Förderung ist projektabhängig. Der Kreditbeitrag beträgt max. 25 Mio. €, der Tilgungszuschuss bis zu 50%.

Die Kombination mit anderen öffentlichen Fördermitteln ist unter Beachtung der beihilferechtlichen Vorgaben möglich.

5.5.6 KfW: Energetische Stadtsanierung - Zuschuss

Mit der Förderung „Energetische Stadtsanierung – Zuschuss“ (432) werden Maßnahmen, mit denen die Energieeffizienz im Quartier erhöht wird gefördert. Dazu gehört die Erstellung eines Quartierskonzepten (Ausgangsanalyse, Erarbeitung konkreter Maßnahmen, Erfolgskontrolle, Zeitplan, Mobilisierung der Akteure, Information, Beratung und Öffentlichkeitsarbeit) sowie ein Sanierungsmanagement (Planung der Konzeptumsetzung, Aktivierung und Vernetzung von Akteuren, Koordination und Kontrolle der Maßnahmen, Ansprechpartner für Finanzierung und Förderungen). Die Förderung richtet sich an bestehende Quartiere (min. 20% Bestandsgebäude).

Antragsberechtigt sind kommunale Gebietskörperschaften und deren rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe. Die Zuschüsse können an privatwirtschaftliche oder gemeinnützige Akteure weitergegeben werden.

Der Zuschuss beträgt für Quartierskonzepte 75% der förderfähigen Kosten. Für das Sanierungsmanagement können Personal- und Sachkosten mit 75%, max. jedoch 210.000 € pro

Quartier, gefördert werden. Bei einer Verlängerung kann auf bis zu 350.000 € aufgestockt werden.

5.5.7 IKK: Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung

Mit der Förderung „Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung“ (201) werden nachhaltige Investitionen in die Energieeffizienz kommunaler Wärme-, Kälte-, Wasser- und Abwassersysteme im Quartier, Maßnahmen zur Anreizsetzung für die Nutzung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben und Investitionen in die Grüne Infrastruktur durch einen Kredit mit bis zu 40% Tilgungszuschuss gefördert.

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften & deren rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe
- ▶ Gemeindeverbände (wie kommunale Zweckverbände)

Gefördert werden unter anderem (Auszug):

- ▶ Anlagen zur Nutzung industrieller Abwärme
- ▶ Gebäudeübergreifende Wärme- & Kältespeicher
- ▶ Wärme- & Kältenetze im Quartier
- ▶ KWK-Anlagen zur Nutzung von Klär-/Faulgasen & zugehörige Komponenten
- ▶ Anlagen zur Wärmeengewinnung in öffentlichen Kanalsystemen, z.B. Wärmepumpen & Wärmetauscher
- ▶ Begrünung von Dach- und Fassadenflächen von öffentlichen Verwaltungsgebäuden zur Regenwasserrückhaltung oder Kühlung durch Verdunstung

Eine Kombination mit anderen öffentlichen Fördermitteln ist möglich. Die Inanspruchnahme anderer Fördermittel des Bundes für dieselbe Maßnahme ist jedoch nicht zulässig.

6 ANHANG

6.1 SIMULATIONSERGEBNISSE

verschiedenen Sanierungsvarianten sowie des Ausgangsfalls zu finden.

In den nachfolgenden Tabellen ist eine Übersicht über die Simulationsergebnisse der

Tabelle 6-1: Übersicht der Simulationsergebnisse

| Parameter | Ausgangsfall | SV1: Dach sanieren | SV2: Fenster und Oberlichter austauschen | SV3: Außenwand sanieren | SV4: Fußböden sanieren |
|---|--------------|--------------------|--|-------------------------|------------------------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten [€] | -- | 170.923 | 91.265 | 181.942 | 157.539 |
| Nutzungsdauer [a] | -- | 50 | 40 | 50 | 50 |
| Dynamische Amortisation [a] ⁶⁴ | -- | 26 | 1 | -- | -- |
| Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh] | -- | 0,10 | 0,18 | 0,94 | 0,83 |
| Energiekosten im ersten Jahr [€/a] ⁶⁵ | 37.442 | 33.943 | 35.553 | 37.037 | 37.148 |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a] | -- | 3.499 | 1.889 | 405 | 294 |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%] | -- | 9,3 | 5,0 | 1,1 | 0,8 |
| jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a] | 383.730 | 350.960 | 371.286 | 379.868 | 379.914 |
| jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a] | -- | 32.770 | 12.444 | 3.862 | 3.816 |
| prozentuale Endenergieeinsparung [%] | -- | 8,5 | 3,2 | 1,0 | 1,0 |
| jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a] | 438.963 | 400.392 | 422.303 | 434.444 | 434.880 |
| jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a] | -- | 38.571 | 16.660 | 4.519 | 4.083 |
| prozentuale Primärenergieeinsparung [%] | -- | 8,8 | 3,8 | 1,0 | 0,9 |

⁶⁴ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁶⁵ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

| Parameter | Ausgangsfall | SV1: Dach sanieren | SV2: Fenster und Oberlichter austauschen | SV3: Außenwand sanieren | SV4: Fußböden sanieren |
|--|--------------|--------------------|--|-------------------------|------------------------|
| jährliche CO ₂ -Emissionen [kg/a] | 107.909 | 98.233 | 103.379 | 106.780 | 106.955 |
| jährliche CO ₂ -Vermeidung [kg/a] | -- | 9.676 | 4.530 | 1.129 | 953 |
| prozentuale CO ₂ -Vermeidung [%] | -- | 9,0 | 4,2 | 1,0 | 0,9 |

Tabelle 6-2: Übersicht der Simulationsergebnisse

| Parameter | Ausgangsfall | SV5: LED-Beleuchtung | SV6: Solarthermie-Anlage | SV7: PV-Anlage | Vorschlag |
|---|--------------|----------------------|--------------------------|----------------|-----------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten [€] | -- | 67.068 | 9.100 | 40.572 | 116.740 |
| Nutzungsdauer [a] | -- | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Dynamische Amortisation [a] ⁶⁶ | -- | 20 | 9 | 11 | 14 |
| Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh] | -- | 2,21 | 0,03 | 0,18 | 0,21 |
| Energiekosten im ersten Jahr [€/a] ⁶⁷ | 37.442 | 35.325 | 36.635 | 37.442 | 34.517 |
| Energiekosten inkl. Nutzerstrom im ersten Jahr [€/a] ⁶⁸ | 28.037 | -- | -- | 24.902 | 21.977 |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a] | -- | 2.117 | 807 | 3.135 | 6.059 |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%] | -- | 5,7 | 2,2 | 11,2 | 21,6 |
| jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a] | 383.730 | 382.214 | 368.146 | 383.730 | 366.605 |
| jährlicher Endenergiebedarf inkl. Nutzerstrom [kWh/a] ⁶⁸ | 350.140 | -- | -- | 338.944 | 321.819 |
| jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a] | -- | 1.516 | 15.584 | 11.196 | 28.320 |
| prozentuale Endenergieeinsparung [%] | -- | 0,4 | 4,1 | 3,2 | 8,1 |
| jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a] | 438.963 | 430.148 | 423.704 | 403.290 | 379.192 |

⁶⁶ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁶⁷ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

⁶⁸ Im Rahmen der energetischen Untersuchung nach GEG wird für Nichtwohngebäude lediglich der Energiebedarf des Gebäudes betrachtet, kein Nutzerstrom. Für die Dimensionierung einer PV-Anlage ist die zusätzliche Berücksichtigung des Nutzerstroms jedoch sinnvoll. Daher ist für alle Varianten, die eine PV-Anlage enthalten, zusätzlich ein jährlicher Endenergiebedarf inklusive des abgeschätzten Nutzerstroms aufgeführt. Auf diesem basierend werden die Angaben zur dynamischen Amortisationszeit, dem Kosten/Nutzen-Faktor, der Primärenergie und der CO₂-Emissionen und den Energiekosten angepasst. Dieses Vorgehen weicht von den Vorgaben gemäß GEG §23 Abs 2 ab. Hier wird durch den Einsatz von PV-Strom der Endenergiebedarf nicht reduziert.

| Parameter | Ausgangsfall | SV5: LED-Beleuchtung | SV6: Solarthermie-Anlage | SV7: PV-Anlage | Vorschlag |
|--|--------------|----------------------|--------------------------|----------------|-----------|
| jährlicher Primärenergiebedarf inkl. Nutzerstrom [kWh/a] ⁶⁸ | 378.500 | | | 358.348 | 334.250 |
| jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a] | -- | 8.814 | 15.259 | 20.152 | 44.250 |
| prozentuale Primärenergieeinsparung [%] | -- | 2,0 | 3,5 | 5,3 | 11,7 |
| jährliche CO ₂ -Emissionen [kg/a] | 107.909 | 104.474 | 104.617 | 101.848 | 95.220 |
| jährliche CO ₂ -Emissionen inkl. Nutzerstrom [kg/a] ⁶⁸ | 89.098 | | | 82.828 | 76.097 |
| jährliche CO ₂ -Vermeidung [kg/a] | -- | 3.435 | 3.291 | 6.269 | 13.001 |
| prozentuale CO ₂ -Vermeidung [%] | -- | 3,2 | 3,0 | 7,0 | 14,6 |

Tabelle 6-3: Übersicht der Simulationsergebnisse

6.2 BAUTEILLISTE

In den folgenden Abschnitten und Tabellen werden die für die Simulation angesetzten Bauteile

und Bauteilflächen der jeweiligen Zonen aufgeführt.

6.2.1 Zone Turnhalle

Tabelle 6-4: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Außenwand Süd | 201,43 | 201,43 | 0,22 | 0,24 |
| Boden Turnhalle | 1.148,68 | 1.148,68 | 0,31 | 0,30 |
| Decke | 1.148,68 | 991,18 | 0,29 | 0,20 |
| Dachflächenfenster Halle | | 157,50 | 1,8 | 1,40 |
| Außenwand Nord | 99,76 | 99,76 | 0,22 | 0,24 |
| Außenwand West | 118,79 | 118,79 | 0,22 | 0,24 |
| Außenwand Ost | 118,79 | 118,79 | 0,22 | 0,24 |
| Außenwand Nord | 57,48 | 42,06 | 0,22 | 0,24 |
| 3.00*2.57 | | 15,42 | 1,8 | 1,30 |
| Boden Turnhalle | 126,25 | 126,25 | 0,31 | 0,30 |
| Decke | 126,25 | 126,25 | 0,29 | 0,20 |
| Thermische Hüllfläche | | 3.146,11 | | |

6.2.2 Zone Sanitärräume

Tabelle 6-5: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Außenwand West | 46,42 | 42,64 | 0,22 | 0,24 |
| 60*90 | | 3,78 | 1,8 | 1,30 |
| Boden anderer Bereich | 79,07 | 79,07 | 0,33 | 0,30 |
| Decke | 79,07 | 79,07 | 0,29 | 0,20 |
| Außenwand Ost | 19,70 | 17,54 | 0,22 | 0,24 |
| 60*90 | | 2,16 | 1,8 | 1,30 |
| Boden anderer Bereich | 25,80 | 25,80 | 0,33 | 0,30 |
| Decke | 25,80 | 25,80 | 0,29 | 0,20 |
| Thermische Hüllfläche | | 275,86 | | |

6.2.3 Zone Lager/Technik/Archiv

Tabelle 6-6: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|---------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Außenwand Ost | 178,44 | 162,72 | 0,22 | 0,24 |
| 1,2*0,6 | | 4,32 | 1,8 | 1,30 |

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Tür 1 | | 11,40 | 4,0 | 1,80 |
| Außenwand Süd | 22,17 | 22,17 | 0,22 | 0,24 |
| Boden anderer Bereich | 210,93 | 210,93 | 0,33 | 0,30 |
| Decke | 210,93 | 210,93 | 0,29 | 0,20 |
| Außenwand Süd | 18,70 | 18,70 | 0,22 | 0,24 |
| Außenwand West | 22,88 | 21,08 | 0,22 | 0,24 |
| 1.00*0.90 | | 1,80 | 1,8 | 1,30 |
| Boden anderer Bereich | 53,65 | 53,65 | 0,33 | 0,30 |
| Decke | 53,65 | 53,65 | 0,29 | 0,20 |
| Außenwand Nord | 28,33 | 15,48 | 0,22 | 0,24 |
| 3.00*2.57 | | 7,71 | 1,8 | 1,30 |
| 2*2,57 | | 5,14 | 1,8 | 1,30 |
| Boden anderer Bereich | 67,38 | 67,38 | 0,33 | 0,30 |
| Decke | 67,38 | 67,38 | 0,29 | 0,20 |
| Thermische Hüllfläche | | 934,43 | | |

6.2.4 Zone Nebenfläche ohne Aufenthalt

Tabelle 6-7: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Außenwand West | 65,45 | 60,95 | 0,22 | 0,24 |
| 1.00*0.90 | | 4,50 | 1,8 | 1,30 |
| Boden anderer Bereich | 135,70 | 135,70 | 0,33 | 0,30 |
| Decke | 135,70 | 135,70 | 0,29 | 0,20 |
| Thermische Hüllfläche | | 336,85 | | |

6.2.5 Zone Verkehrsfläche

Tabelle 6-8: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Boden anderer Bereich | 244,14 | 244,14 | 0,33 | 0,30 |
| Außenwand NW | 16,17 | 13,89 | 0,22 | 0,24 |
| Tür 1 | | 2,28 | 4,0 | 1,80 |
| Außenwand West | 18,43 | 10,72 | 0,22 | 0,24 |
| 3.00*2.57 | | 7,71 | 1,8 | 1,30 |
| Außenwand Süd | 6,25 | 3,45 | 0,22 | 0,24 |
| Tür 2 | | 2,80 | 4,0 | 1,80 |
| Außenwand Nord | 36,75 | 19,79 | 0,22 | 0,24 |
| 0,6*2,57 | | 4,11 | 1,8 | 1,30 |
| 3.00*2.57 | | 7,71 | 1,8 | 1,30 |
| 2*2,57 | | 5,14 | 1,8 | 1,30 |
| Außenwand Ost | 22,63 | 20,83 | 0,22 | 0,24 |

| <i>Bezeichnung</i> | <i>Fläche [m²]</i> | <i>Nettofläche [m²]</i> | <i>U-Wert [W/(m²K)]</i> | <i>zul. U-Wert [W/(m²K)]</i> |
|------------------------------|-----------------------------------|--|--|---|
| 3.00*0,6 | | 1,80 | 1,8 | 1,30 |
| Thermische Hüllfläche | | 344,37 | | |

**Beratungsbericht zur energetischen Betrachtung im Rahmen
der BAFA-Energieberatung für Nichtwohngebäude,
Anlagen und Systeme (EBN) nach der Richtlinie
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie
vom 13. November 2020**



Objekt: *Bauhof & Jugendclub
Hauptstraße 7
23923 Lüdersdorf*

Energieberater: *M.Sc Klaus Reiß*

K. Reiß
Schwerin, 11.11.2021

Förderprojekt

Die Erstellung des Beratungsbericht zur energetischen Betrachtung ist im Rahmen der BAFA-Energieberatung für Kommunen und gemeinnützige Organisationen nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom November 2020 gefördert worden.

Projektpartner

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit des Amtes Schönberger Land und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

Auftraggeber

Amt Schönberger Land
Fachbereich IV Bauen und Gemeindeentwicklung
Am Markt 15
23923 Schönberg
Tel: +49 038828/330-1405
Ansprechpartner: Christoph Kappel

Auftragnehmer

energielenker projects GmbH
Zum Kirschenhof 62a
19057 Schwerin
Tel.: +49 385 303090-44
Ansprechpartner: Klaus Reiß



Lesehinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Bericht bei Personenbezeichnungen in der Regel die maskuline Form verwendet. Diese schließt jedoch gleichermaßen die feminine Form mit ein. Die Leserinnen und Leser werden dafür um Verständnis gebeten.

INHALT

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Einleitung & zusammenfassende Darstellung | 4 |
| 1.1 | Vorgehen..... | 4 |
| 1.2 | Empfohlene Sanierungsschritte..... | 4 |
| 1.3 | Tabellarische Gesamtübersicht | 5 |
| 1.4 | Endenergie- & Kosteneinsparung | 6 |
| 1.5 | Gesamteffizienz und Klimaschutz..... | 7 |
| 2 | Ausgangssituation | 9 |
| 2.1 | Zonierung..... | 10 |
| 2.2 | Verbrauch & Emissionen..... | 11 |
| 2.3 | Bedarfskennwerte..... | 13 |
| 2.4 | Energiebedarfe im Ist- und Referenzgebäude..... | 13 |
| 2.5 | Gebäudehülle | 16 |
| 2.6 | Anlagentechnik | 19 |
| 2.7 | Randbedingungen Ökonomie | 22 |
| 3 | Sanierungsvarianten | 24 |
| 3.1 | Übersicht Sanierungsvarianten..... | 24 |
| 3.2 | SV1: Wand sanieren | 25 |
| 3.3 | SV2: Fußboden sanieren..... | 27 |
| 3.4 | SV3: Dach/Oberste GEschossdecke sanieren..... | 29 |
| 3.5 | SV4: Fenster erneuern | 31 |
| 3.6 | SV5: LED Präsenzmelder | 33 |
| 3.7 | SV6: Anlagentechnik und Fußbodenheizung (WP, PV) | 35 |
| 3.8 | BEG-Effizienzgebäude 55..... | 37 |
| 3.9 | PV-Anlage | 39 |
| 4 | Fazit | 41 |
| 5 | Fördermittel | 43 |
| 5.1 | Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)..... | 43 |
| 5.2 | Die Kommunalrichtlinie | 45 |
| 5.3 | Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen | 47 |
| 5.4 | Bundesförderung Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN) | 49 |
| 5.5 | Weitere Bundes-Förderprogramme..... | 50 |
| 6 | Anhang | 54 |
| 6.1 | Simulationsergebnisse..... | 54 |
| 6.2 | Bauteilliste | 58 |

1 EINLEITUNG & ZUSAMMENFASSEDE DARSTELLUNG

Der vorliegende Beratungsbericht befasst sich mit der Erstellung eines Sanierungsfahrplans im Rahmen der Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie für den Bauhof & Jugendclub der Stadt Lüdersdorf.

Mit der Novelle des Klimaschutzgesetzes wurden die Klimaschutzziele im Mai 2021 verschärft. Über alle Sektoren hinweg sollen die CO₂-Emissionen im Vergleich zum Bezugsjahr 1990 um mindestens 65 % bis 2030 und um mindestens 88 % bis 2040 reduziert werden. Bis 2045 soll die Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden. Im Gebäudesektor sieht das Gesetz vor, dass die CO₂-Emissionen bundesweit von aktuell 118 Mio. t (2020) auf 67 Mio. t (2030) gesenkt werden müssen.

Der Gebäudesektor ist geprägt von den langen Nutzungszeiten der Gebäude und Bauteile (häufig mehr als 50 Jahre) und der Anlagentechnik (häufig ca. 20 Jahre). Vor diesem Hintergrund ist erkennbar, dass bereits jetzt das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045 eine wichtige Rolle bei der Sanierung von Gebäuden spielen muss. Dieses Ziel wurde in Absprache mit dem Amt Schönberger Land bei der Erstellung des Beratungsberichts berücksichtigt.

1.1 VORGEHEN

Für die Erstellung des Beratungsberichts erfolgte eine Datenerhebung vor Ort und nach Plan. Anschließend wurde das Gebäude im Ist-Zustand simuliert. Die Simulation erfolgte - wenn nicht anders angegeben - anhand der Randbedingungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)¹ und der DIN V 18599.

Auf Basis der Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich

der Energiekosteneinsparung, des Energieverbrauchs- und der Emissionsreduzierung sowie der Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit betrachtet und beschrieben.

Hinweis

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten.

Die Berechnungen in diesem Bericht beziehen sich auf die energetischen Sanierungsmaßnahmen. Es handelt sich um einen energetischen Beratungsbericht mit Handlungsempfehlung, der keine Planungsleistung darstellt. Die vorliegenden Ergebnisse geben somit vor allem eine Indikation für die Vorteilhaftigkeit der Varianten wieder. Bei der Umsetzung der Maßnahmen müssen Fachplaner sowie statische Gutachter und erfahrene Bauphysiker miteinbezogen werden.

1.2 EMPFOHLENE SANIERUNGSSCHRITTE

Für das Gebäude werden die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen in genannter Reihenfolge empfohlen:

- ▶ Wand sanieren
- ▶ Fenster erneuern
- ▶ Dach sanieren
- ▶ Photovoltaik-Anlage
- ▶ Sole-Wasser-Wärmepumpe (inkl. Einbau Fußbodenheizung)
- ▶ Fußboden sanieren
- ▶ LED Präsenzmelder

Die aufgeführten Maßnahmen können durch die Bundesförderung für effiziente Gebäude gefördert werden. Details zur Förderung sind den detaillierten Beschreibungen der Sanierungsvarianten in Abschnitt 3 zu entnehmen.

¹ Zu finden unter <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>

1.3 TABELLARISCHE GESAMTÜBERSICHT

In Tabelle 1-1 sind als wesentliche Merkmale der verschiedenen Sanierungsvarianten die ermittelten Investitionskosten, die zu erwartende Amortisationszeit sowie die möglichen Einsparungen von CO₂-Emissionen, Energiekosten und der Endenergie aufgeführt. Eine detaillierte

Beschreibung sowie die vollständigen Berechnungsergebnisse sind in Abschnitt 3 sowie im Anhang zu finden.

Die dargestellte Amortisationszeit bezieht sich auf die energetischen Mehrkosten und berücksichtigen keine Fördermittel. Mögliche Förderungen und sich daraus ergebende Amortisationszeiten können den detaillierten Beschreibungen der Sanierungsvarianten in Abschnitt 3 entnommen werden.

Tabelle 1-1: Darstellung des berechneten Ausgangsfalls sowie der geschätzten Investitionskosten, berechneten Amortisationszeiten und der Einsparungen von CO₂-Emissionen, Energiekosten und Endenergie in den Sanierungsmaßnahmen

| | | | CO ₂ - Emissionen [kg/a] | Energiekosten [€/a] | Endenergie [kWh/a] |
|--|---|----------------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| Ausgangsfall | | | 23.818 | 6.474 | 105.420 |
| Maßnahmen | Energetische Mehrkosten ² [€] | Amortisation ³ [a] | CO ₂ -Einsparung [kg/a] | Einsparung Energiekosten [€/a] | Einsparung Endenergie [kWh/a] |
| SV1: Wand sanieren | 44.118 | -- | 413 (1,7%) | 107 | 1.893 (1,8%) |
| SV2: Fußboden sanieren | 33.565 | 32 | 1.212 (5,1%) | 313 | 5.559 (5,3%) |
| SV3: Dach sanieren | 43.635 | 24 | 2.971 (12,5%) | 763 | 13.663 (13,0%) |
| SV4: Fenster erneuern | 17.527 | 42 | 322 (1,4%) | 81 | 1.507 (1,4%) |
| SV5: LED Präsenzmelder | 7.768 | 16 | 250 (1,0%) | 273 | -1.260 (-1,2%) |
| SV6: Anlagentechnik und Fußbodenheizung (WP, PV) | 130.406 | 35 | 14.642 (61,5%) | 2.306 | 90.089 (85,5%) |
| KfW-55 Standard | 243.790 | 30 | 19.632 (82,4%) | 4.787 | 98.951 (93,9%) |

² Es handelt sich um die energetisch bedingten Mehrkosten. Diese sind niedriger als die gesamten Investitionskosten, da die Sowieso-Kosten (z.B. Instandhaltungskosten) abgezogen werden.

³ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten und ohne Ansatz einer Förderung.

| | | CO ₂ - Emissionen [kg/a] | Energiekosten [€/a] | Endenergie [kWh/a] | |
|---------------------|--|---|---|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Ausgangsfall | | 23.818 | 6.474 | 105.420 | |
| Maßnahmen | Energetische Mehrkosten ² [€] | Amortisation ³ [a] | CO ₂ - Einsparung [kg/a] | Einsparung Energiekosten [€/a] | Einsparung Endenergie [kWh/a] |
| PV | 30.885 | 11 | 3.513 (14,7%) | 1.882 | 6.273 (6,0%) |

1.4 ENDENERGIE- & KOSTENEIN- SPARUNG

Nachfolgend werden der berechnete Endenergiebedarf im Ausgangsfall und die verringerten Bedarfe nach der Maßnahmenumsetzung dargestellt, welche durch die untersuchten

Sanierungsvarianten am Gebäude und der Anlagentechnik erwartet werden können (Abbildung 1-1).

Zusätzlich sind die prognostizierten Energiekosten bzw. die Energiekosteneinsparungen aufgeführt (Abbildung 1-2).

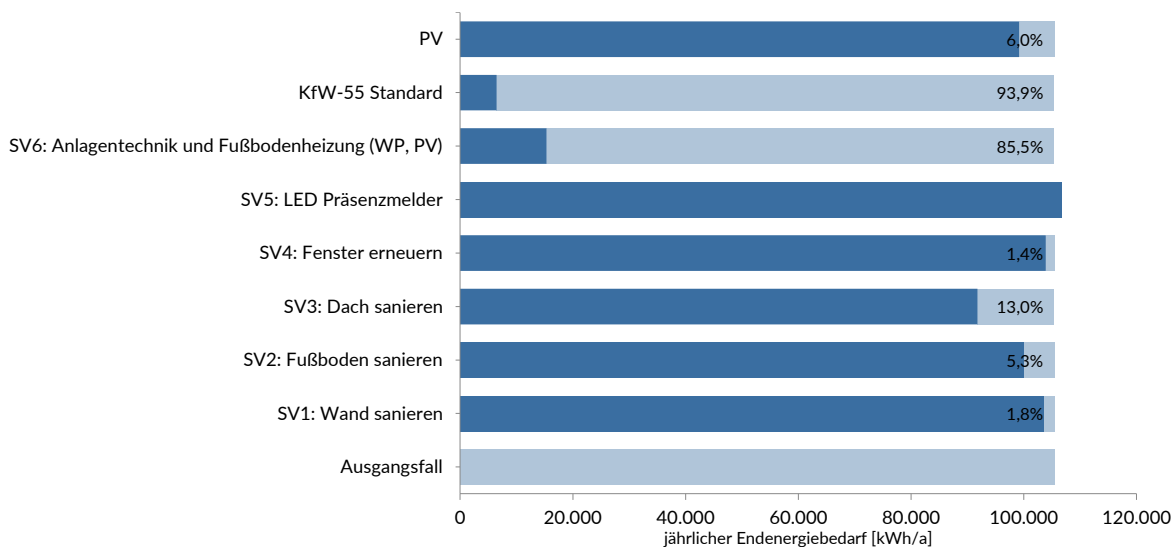


Abbildung 1-1: Endenergiebedarf und Einsparungen Endenergie im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kWh/a]

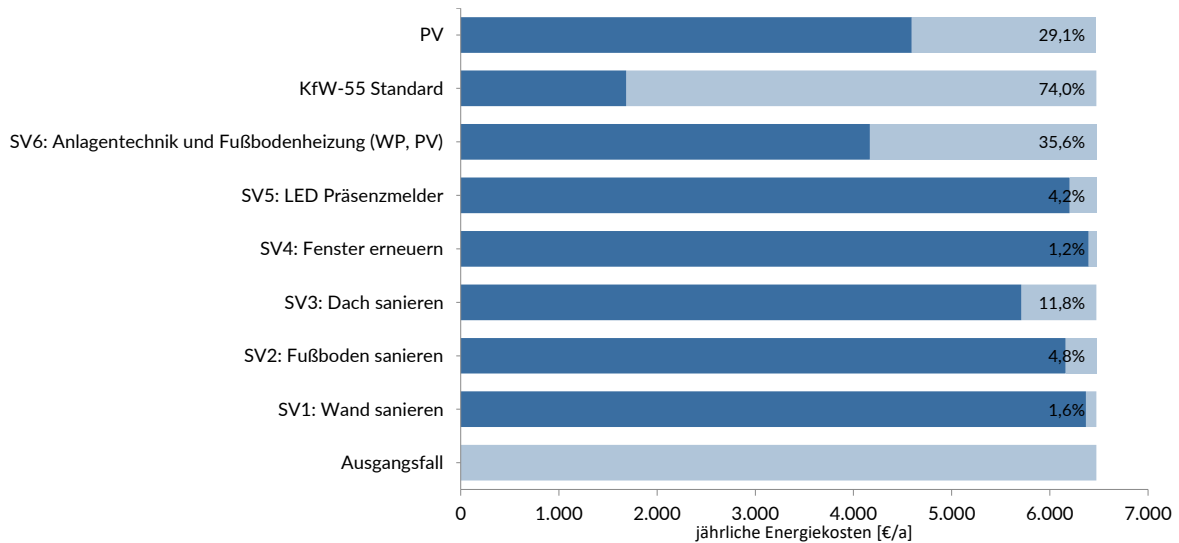


Abbildung 1-2: Energiekosten und Energiekosteneinsparungen im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [€/a]

1.5 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

Wie in der Einleitung dieses Berichtes bereits umrissen wurde, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO₂-Emissionen und Primärenergie.

Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn ein möglichst großer Anteil fossiler

Energieträger eingespart wird. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO₂-Ausstoß. Neben der CO₂-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO_x, SO₂ und Staub belastet.

In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie (Abbildung 1-3) und CO₂-Emissionen (Abbildung 1-4) nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt.

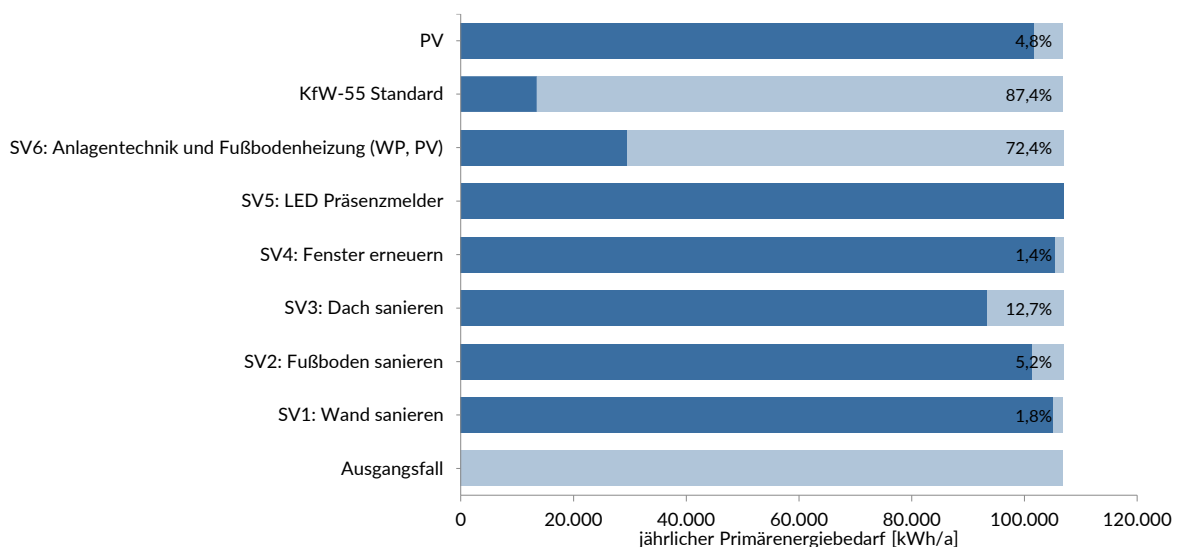


Abbildung 1-3: Primärenergiebedarf und Einsparung Primärenergiebedarf im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kWh/a]

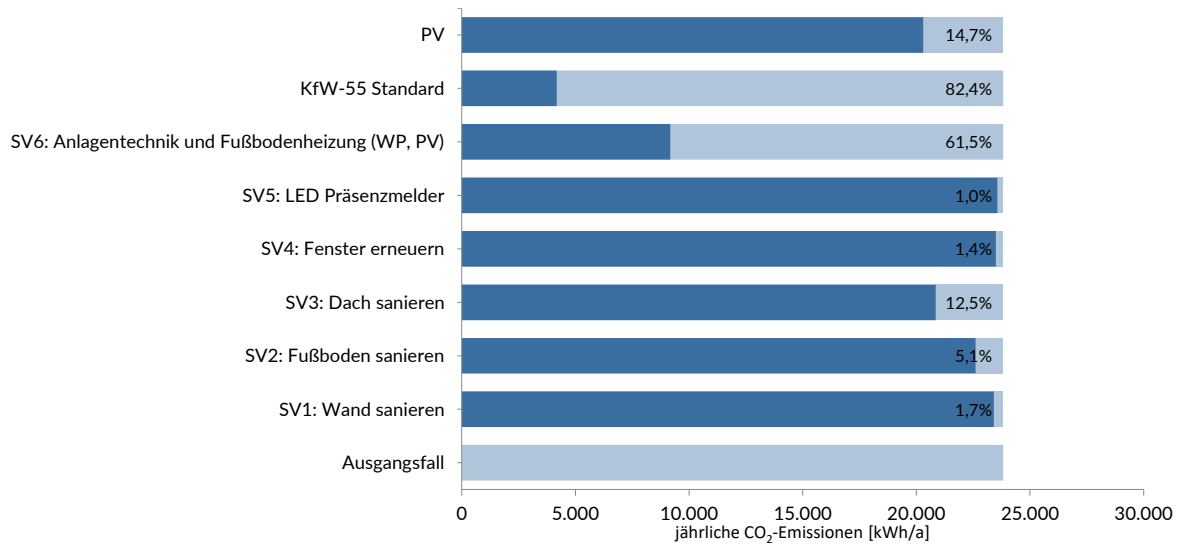


Abbildung 1-4: CO₂-Emissionen und Einsparungen CO₂-Emissionen im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kg/a]

2 AUSGANGSSITUATION

Abbildung 2-1 zeigt ein Luftbild des untersuchten Gebäudes. Es handelt sich dabei um den Jugendclub und Bauhof der Stadt Lüdersdorf, verwaltet vom Amt Schönberger Land. Das Gebäude wird aktuell als Jugendclub für Kinder der Umgebung, sowie als Bauhof genutzt. Die Fassade und die Fenster des Gebäudes wurden zwischen 2005 und 2011 saniert.

Das Gebäude wird täglich zwischen 08:00 und 20:00 von Kindern sowie als Bauhof genutzt.

Es wird über einen Gaskessel aus dem Jahr 1992 beheizt, welcher das Ende seiner zu erwarteten Nutzungsdauer erreicht hat. Die Verteilung erfolgt über ungedämmte Leitungen, welche zu älteren Heizkörpern, die an den äußeren Wänden angebracht sind.

Die wichtigsten Gebäudedaten werden nachfolgend in Tabelle 2-1 dargestellt.



Abbildung 2-1: Luftbild des Gebäudes⁴

Tabelle 2-1: Grundsätzliche Informationen zu dem untersuchten Gebäude

| Grunddaten | |
|---|------------|
| Gebäudetyp | Gebäudetyp |
| Baujahr | 1972 |
| Baujahr des Wärmeerzeugers | 1992 |
| Gebäudevolumen netto [m ³] | 678,18 |
| Gebäudenutzfläche [A _{NGF}] [m ²] | 271,27 |

⁴ Von maps.google.de

| | |
|---|-------|
| Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m ²] | 897,4 |
| Anzahl der Geschosse | 1 |

Anmerkung: Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.

2.1 ZONIERUNG

Für die Berechnung des Energiebedarfs in Anlehnung an die DIN 18599 wurde das Gebäude aufgrund der Nutzungen und der Konditionierung in die in Tabelle 2-1 dargestellten Zonen

unterteilt. Für die Abbildung des Grundrisses, wurde ein Aufmaß erstellt. Abbildung 2-2 zeigt den zonierten Grundriss des Gebäudes. Entsprechend der dargestellten Zonierung wurde das untersuchte Gebäude simuliert.

Tabelle 2-2: Zonierung, zugehörige Profile und Flächenanteile des untersuchten Gebäudes

| Zone | Nutzungsprofil ⁵ | Konditionierung | | | | Nettogrundfläche | |
|--------|--------------------------------|-----------------|------------|-------------|-----|-------------------|------|
| | | Beheizt | Warmwasser | Beleuchtung | RLT | [m ²] | [%] |
| Zone 1 | Sanitärräume (16) | X | X | X | X | 15,0 | 5,5 |
| Zone 2 | Verkehrsflächen (19) | X | | X | | 47,6 | 17,5 |
| Zone 3 | Lager, Technik (20) | X | | X | | 107,9 | 39,8 |
| Zone 5 | Einzelbüro (1) | X | X | X | | 13,5 | 5,0 |
| Zone 6 | Sonstige Aufenthaltsräume (18) | X | X | X | | 87,2 | 32,2 |

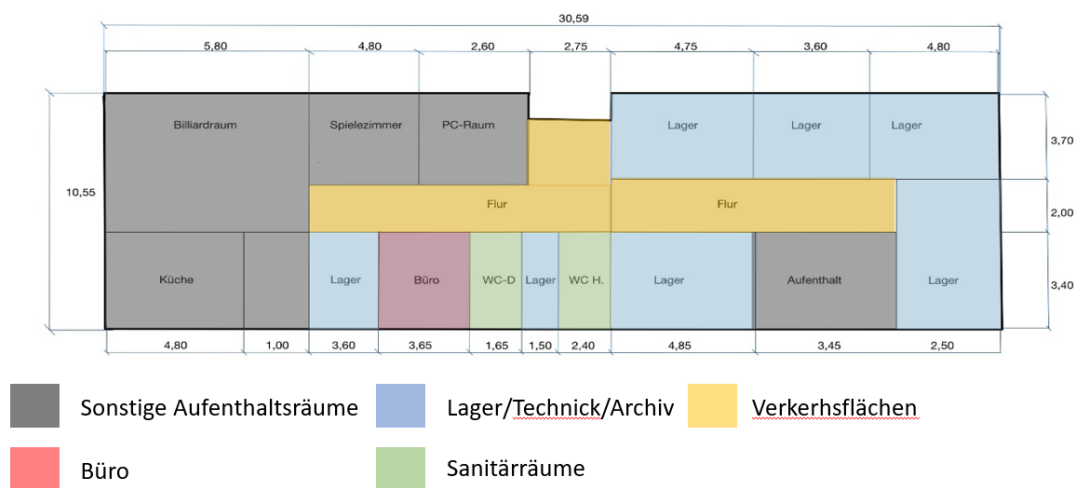


Abbildung 2-2: Zonierter Grundriss des untersuchten Gebäudes

⁵ Bezeichnung der Zone und Nummer des verwendeten Nutzungsprofils nach DIN 18599-10

2.2 VERBRAUCH & EMISSIONEN

Nachfolgend werden die realen Energieverbräuche des Gebäudes bzw. der Liegenschaft dargestellt und anschließend mit Verbrauchskennwerten verglichen, um eine Einordnung der Verbräuche vornehmen zu können.

Der Energieverbrauch wird entscheidend durch das Nutzerverhalten bestimmt. Die wesentlichen Einflussfaktoren dabei sind:

- ▶ das Lüftungsverhalten

- ▶ die Raumlufftemperatur
- ▶ die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- ▶ interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl, ...)
- ▶ der Warmwasserverbrauch

Die Verbrauchswerte der Jahre 2018 bis 2020 wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen (vgl. Tabelle 2-3). Abbildung 2-3 stellt die Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft dar.

Tabelle 2-3: Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

| Jahr | Heizung (Erdgas) [kWh/a] | Klimafaktor ⁶ [-] | klimabereinigter Verbrauch [kWh/a] | Strom [kWh/a] | Gesamtenergieverbrauch [kWh/a] |
|-------------|--------------------------------|---------------------------------|--|------------------|-----------------------------------|
| 2018 | 33.000 | 1,09 | 35.970 | 1.748 | 37.718 |
| 2019 | 34.205 | 1,11 | 37.968 | 2.343 | 40.311 |
| 2020 | 32.852 | 1,10 | 36.137 | 1.999 | 38.136 |
| Mittelwert: | 33.352 | | 36.692 | 2.030 | 38.722 |

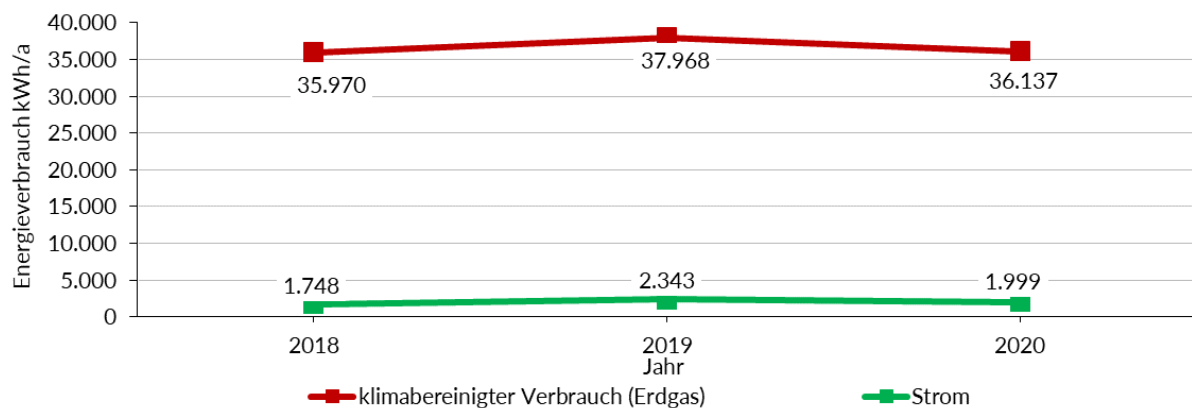


Abbildung 2-3: Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

⁶ Der Einfluss der Witterung und des Klimas auf den Energieverbrauch wird mittels des Klimafaktors erfasst, der sowohl die Temperaturverhältnisse während eines Berechnungszeitraumes als auch die klimatischen Verhältnisse in Deutschland berücksichtigt. Durch die Anwendung des Klimafaktors können die Energieverbrauchskennwerte verschiedener Berechnungszeiträume und von Gebäuden in verschiedenen klimatischen Regionen Deutschlands (überschlägig) verglichen werden. In dieser Berechnung wurden die Klimafaktoren, entsprechend des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für den Gebäudestandort benutzt. Die Witterungsbereinigung erfolgt durch Multiplikation des gemessenen Jahres-Heizenergieverbrauchs mit dem entsprechenden Klimafaktor.

2.2.1 Verbrauchskennwerte

Da Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse wenig aussagekräftig sind, werden diese nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für

Strom und Wärme werden nachfolgend abgebildet (Tabelle 2-4). Die Energieverbrauchskennwerte können dann mit Kennwerten der entsprechenden Gebäudekategorie verglichen werden, um die Verbräuche besser einordnen zu können. Abbildung 2-4 stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom und Wärme dar.

Tabelle 2-4: Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben

| Energieträger | Energieverbrauchskennwerte nach BWZK ⁷ in [kWh/m ² NGFa] | |
|---------------|---|--------------|
| | Vergleichswert | Ist-Kennwert |
| Strom | 20 | 7 |
| Wärme | 105 | 135 |

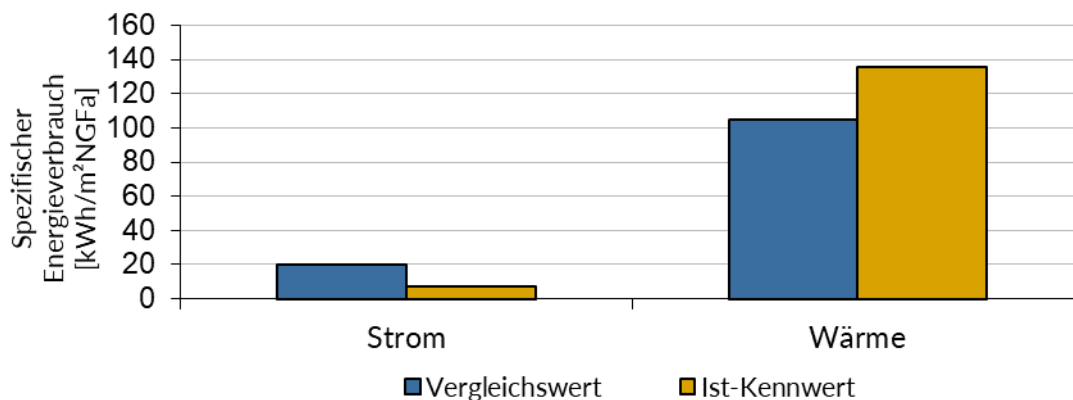


Abbildung 2-4: Vergleichs- und Ist-Kennwert des spezifischen Energieverbrauchs

2.2.2 CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen des Gebäudes werden durch Multiplikation der energieträgerabhängigen Verbräuche mit den entsprechenden CO₂-Emissionsfaktoren berechnet. Für die

emissionstechnische Bewertung der Energieverbräuche werden die CO₂-Faktoren nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) verwendet. Es wurden die jährlichen Emissionen auf Grundlage des durchschnittlichen Energieverbrauchs der Jahre 2018 bis 2020 errechnet (Tabelle 2-5).

⁷ Vergleichswerte sind ermittelte Kennwerte aus der Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand des BMWi und BMU, Berlin (Werte vom 7. April 2015)

Tabelle 2-5: CO₂-Emissionen bezogen auf den durchschnittlichen Energieverbrauch (2018-2020)

| Energieträger | CO ₂ -Emissionsfaktor [g/kWh] | Energieverbrauch [kWh/a] | CO ₂ -Emissionen [kg/a] |
|---------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| Erdgas | 240 | 33.352 | 8.005 |
| Strom (netzbezogen) | 560 | 2.030 | 1.137 |
| Summe: | | 35.382 | 9.141 |

2.3 BEDARFSKENNWERTE

Die realen Verbräuche werden mit den berechneten Energiebedarfen abgeglichen. Wo die ermittelten Energiebedarfskennzahlen den tatsächlichen Verbrauch abbilden und bewertbar machen, erfolgt die ingenieurtechnische Berechnung und Analyse des Gebäudes sowie die Erarbeitung und Bewertung von Sanierungsmaßnahmen und deren Effekten basierend auf der theoretischen Berechnung nach DIN 18599.

Da sich die Berechnungen auf genormte Nutzungsprofile stützen, weichen die errechneten Bedarfswerte in der Regel von den gemessenen Energieverbräuchen ab. Dies ist bei der Bewertung der Sanierungsvarianten zu berücksichtigen.

Die berechneten Energiebedarfskennwerte sind in Tabelle 2-6 aufgeführt.

Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes.

Tabelle 2-6: Berechnete Energiebedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

| Energiebedarfskennwerte in [kWh/(m ² _{NGF} *a)] | |
|---|---------------|
| spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m ² a] | 360,31 |
| spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m ² a] | 20,02 |
| spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m ² a] | 0 |
| Beleuchtungsstrom | 8,28 |
| Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser) | 380,33 |

2.4 ENERGIEBEDARFE IM IST- UND REFERENZGEBÄUDE

Die ermittelten Bedarfe für Nutz-, End- und Primärenergie ergeben sich aus der energetischen Gebäudesimulation und stellen den simulierten Ist-Zustand des Gebäudes nach dem Bedarfsverbrauchs-Abgleich dar. Sie werden den jeweiligen Ergebnissen des Referenzgebäudes gegenübergestellt. Das Referenzgebäude ist ein simuliertes theoretisches Gebäude mit gleicher Geometrie, Nutzfläche, Ausrichtung und Nutzung wie das vorhandene Gebäude, dessen technische Ausführung der Bauteilaufbauten und

Anlagentechnik jedoch fest im GEG definiert ist. Das Referenzgebäude gibt somit einen Vergleichswert für das vorhandene Gebäude mit einem vorgegebenen Standard wieder, der den aktuellen Stand der Technik repräsentieren soll.

2.4.1 Nutzenergiebedarf im Ist- & Referenzgebäude

Die Nutzenergie ist nach DIN 18599-1 definiert als der Oberbegriff für den Nutzwärmebedarf, Nutzkältebedarf, Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser, Beleuchtung, und Befeuchtung. Der Heizwärmebedarf gibt den rechnerisch

ermittelten Wärmebedarf, der zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone während der Heizperiode nötig ist, an. Der rechnerisch ermittelte Kühlbedarf gibt im Fall einer vorhandenen Einrichtung zur Kühlung des Gebäudes die Energie wieder, die zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone benötigt wird, wenn die Wärmequellen eine zu hohe Energiemenge anbieten. Der Nutzenergiebedarf der Beleuchtung gibt den ermittelten Energiebedarf

wieder, um das Gebäude mit der in der in den jeweiligen Nutzungsprofilen festgelegten Beleuchtungsqualität zu beleuchten. Und der Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser stellt den ermittelten Energiebedarf dar, um die Gebäudezonen mit den festgelegten Mengen Warmwasser der entsprechenden Zulauftemperatur zu versorgen.

Die jeweiligen berechneten Nutzenergiebedarfe des Gebäudes und des Referenzgebäudes sind in Tabelle 2-7 und Abbildung 2-5 dargestellt.

Tabelle 2-7: Vergleich des Nutzenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

| Jährlicher Nutzenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Heizung | 140,08 | 37.998,40 | 103,26 | 28.011,43 |
| Trinkwarmwasser | 2,08 | 563,60 | 2,08 | 563,63 |
| Beleuchtung | 5,90 | 1.600,80 | 1,29 | 350,66 |
| Gesamt | 148,05 | 40.162,80 | 106,63 | 28.925,72 |

Anteile der Nutzenergiebedarfe



Abbildung 2-5: Verteilung des Nutzenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

2.4.2 Endenergiebedarf im Ist- & Referenzgebäude

Der Endenergiebedarf stellt die berechnete Energiemenge dar, die der Anlagentechnik zur Verfügung gestellt wird, um die festgelegten Randbedingungen im Bereich Heizung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasser im Gebäude über das ganze Jahr sicherzustellen. Die

Endenergie beinhaltet die für den Betrieb der Anlagentechnik benötigte Hilfsenergie sowie Verluste durch die Erzeugung, Speicherung und Verteilung. Nach DIN 18599-1 wird die Endenergie an der „Schnittstelle“ Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die der Verbraucher für eine bestimmungsgemäße Nutzung unter normativen

Randbedingungen benötigt. Die Endenergie wird brennwertbezogen angegeben.

Die jeweiligen berechneten Endenergiebedarfe des Gebäudes und des Referenzgebäudes sind in Tabelle 2-8 und Abbildung 2-6 dargestellt.

Tabelle 2-8: Vergleich des Endenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

| Jährlicher Endenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|-----------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Heizung | 360,31 | 97.742,50 | 132,43 | 35.923,16 |
| Trinkwarmwasser | 20,02 | 5.432,10 | 2,93 | 793,70 |
| Beleuchtung | 8,28 | 2.245,70 | 5,70 | 1.545,02 |
| Gesamt | 388,62 | 105.420,3 | 141,05 | 38.261,88 |

Anteile der Endenergiebedarfe



Abbildung 2-6: Verteilung des Endenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

2.4.3 Primärenergiebedarf im Ist- & Referenzgebäude

Der Primärenergiebedarf berücksichtigt die vorgelagerte Prozesskette der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweiligen Energieträger außerhalb der Gebäudehülle. Er ergibt sich aus der Multiplikation der energieträgerbezogenen Endenergie mit den entsprechenden

Primärenergiefaktoren nach GEG. Die Primärenergie wird heizwertbezogen angegeben.

Die jeweiligen berechneten Primärenergiebedarfe des Gebäudes und des Referenzgebäudes sind in Tabelle 2-9 und in Abbildung 2-7 dargestellt.

Tabelle 2-9: Vergleich des Primärenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

| Jährlicher Primärenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Heizung | 358,87 | 97.351,20 | 147,56 | 40.027,61 |

| Jährlicher Primärenergiebedarf | Ist-Gebäude | | Referenzgebäude | |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------|
| | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] | spezifisch [kWh/(m ² a)] | absolut [kWh/a] |
| Trinkwarmwasser | 20,23 | 5.489,00 | 3,41 | 925,30 |
| Beleuchtung | 14,90 | 4.042,20 | 10,25 | 2.781,03 |
| Gesamt | 394,01 | 106.882,40 | 161,22 | 43.733,94 |

Anteile der Primärenergiebedarfe



Abbildung 2-7: Verteilung des Primärenergiebedarfs im Ist- und Referenzgebäude

2.5 GEBÄUDEHÜLLE

Tabelle 2-10 zeigt die in der Gebäudesimulation verwendeten Konstruktionen der einzelnen Bauteile. Diese beruhen so weit wie möglich auf den vorhandenen Plänen, Erkenntnissen der Gebäudebegehung sowie auf Aussagen der Auftraggeber und Verantwortlichen vor Ort. Konnten keine detaillierten Erkenntnisse über einen Bauteilaufbau gewonnen werden, wurden typische Bauteilaufbauten und Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) des Baujahrs aus Literaturangaben genutzt und/oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.⁸

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Eine detaillierte Auflistung ist dem Anhang zu entnehmen.

Um die energetische Qualität der vorhandenen Bauteile beurteilen zu können, werden zusätzlich die aktuellen Mindestanforderungen für die Änderung von Außenbauteilen (Ersatz oder erstmaliger Einbau) nach dem Gebäudeenergiegesetz angegeben. Diese müssen eingehalten werden, sobald wenigstens 10% der entsprechenden Bauteilfläche verändert werden. Die Anforderungen sind abhängig von der Innentemperatur der betrachteten Bereiche. Die Anforderungen an die wärmeübertragende Hüllfläche von niedrigbeheizten Zonen sind geringer als bei Raumtemperaturen von mehr als 19 °C.

⁸ „U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Tabelle 2-10: Bauteilaufbauten und angesetzte Wärmedurchgangskoeffizienten des untersuchten Gebäudes ($U_{\text{vorhanden}}$) sowie die aktuellen Anforderungen des GEGs (U_{max}) für die Änderung von Bauteilen

| Bauteil | Konstruktion | $U_{\text{vorh.}}$ | U_{max} | |
|-----------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | | $T \geq 19^\circ\text{C}$ | $12 < T < 19^\circ\text{C}$ |
| | | [W/(m ² K)] | | |
| Bodenplatte | Fußboden gedämmt WLS 040 | 1,14 | 0,30 | ohne |
| Außenwand | Mauerwerk gedämmt WLS 035 | 0,29 | 0,24 | 0,35 |
| Oberste Geschossdecke | Dachholzkonstruktion | 0,62 | 0,24 | 0,35 |
| Fenster | Zweischeiben Kunststofffenster | 1,3 | 1,3 ⁹ | 1,9 ⁹ |

2.5.1 Anforderungen BEG Einzelmaßnahme

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) legt für eine Förderung von Einzelmaßnahmen (EM) an der Gebäudehülle verschärfte Anforderungen an die maximale Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) fest. Wie auch im

GEG werden die Anforderungen entsprechend der Innenraumtemperatur unterschieden. Tabelle 2-11 zeigt die gültigen Anforderungen für wärmeübertragende Außenflächen (Zusammenfassung). Details zur Förderung können Abschnitt 5 entnommen werden.

Tabelle 2-11: Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Einzelmaßnahmen bei Nichtwohngebäuden

| Bauteilgruppe | Bauteil | Maximaler U-Wert | |
|---------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|
| | | $T \geq 19^\circ\text{C}$ | $T < 19^\circ\text{C}$ |
| | | [W/(m ² K)] | [W/(m ² K)] |
| Wände | Außenwand | 0,20 | 0,25 |
| | Alternativ: Kerndämmung bei zweischaligem Mauerwerk | $\lambda \leq 0,035$ W/(mK) | $\lambda \leq 0,040$ W/(mK) |
| | Außenwände von Baudenkmälern | 0,45 | 0,55 |
| | Außenwände bei Schichtfachwerk | 0,65 | 0,80 |
| | Wandflächen gegen Erdreich/unbeheizte Räume | 0,25 | 0,25 |
| Dachflächen | Dächer (ohne Glasdächer) | 0,14 | 0,25 |
| | Alternativ bei Baudenkmälern: höchstmögliche Dämmschichtdicke | $\lambda \leq 0,040$ W/(mK) | $\lambda \leq 0,040$ W/(mK) |
| Geschossdecken und Bodenflächen | Oberste Geschossdecke | 0,14 | 0,25 |
| | Decken zu unbeheizten Räumen | 0,25 | 0,25 |
| | Geschossdecken gegen Außenluft | 0,20 | 0,25 |
| | Bodenflächen gegen Erdreich | 0,25 | 0,25 |

⁹ Die angegebenen Anforderungswerte des GEG beziehen sich auf den Ersatz oder erstmaligen Einbau des gesamten Fensters. Für Dachflächenfenster, Glasdächer, Vorhangfassaden, Fenstertüren und Außentüren gelten andere Grenzwerte. Wird lediglich die Verglasung getauscht sind ebenfalls andere Anforderungen einzuhalten.

| Bauteilgruppe | Bauteil | Maximaler U-Wert | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|--|---|------|
| | | $T \geq 19 \text{ °C}$ [W/(m ² K)] | $T < 19 \text{ °C}$ [W/(m ² K)] | |
| Transparente Bauteile (U_w) | Fenster, Fenstertüren: | a) Austausch | 0,95 | 1,30 |
| | | b) Ertüchtigung | 1,30 | 1,60 |
| | Barrierearme Fenster und Fenstertüren | 1,10 | 1,40 | |
| | Fenster mit Sonderverglasung | 1,10 | 1,40 | |
| | Fenster an Baudenkmälern | a) Austausch | 1,40 | 1,70 |
| | | b) Ertüchtigung | 1,60 | 1,90 |
| | Glasdächer | 1,60 | 1,90 | |
| | Lichtbänder- und Lichtkuppeln | 1,50 | 1,90 | |
| Vorhangsfassade (U_{cw}) | Vorhangfassaden ¹⁰ | 1,30 | 1,60 | |
| Türen (U_D) | Außentüren | 1,30 | 2,00 | |
| Tore | Außentore | 1,00 | 2,00 | |

2.5.2 Anforderungen BEG Effizienzgebäude

Die nachfolgenden Tabellen stellen die technischen Mindestanforderungen zum Programm Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) für Nichtwohngebäude (NWG) dar.¹¹ Details zur Förderung können Abschnitt 5 entnommen werden.

Der Jahres-Primärenergiebedarf (QP) eines Effizienzgebäudes darf im Verhältnis zum Jahres-Primärenergiebedarf des entsprechenden Referenzgebäudes ($Q_{P,REF}$) den in Tabelle 2-12 angegebenen prozentualen Maximalwert des geförderten Effizienzgebäude-Standards nicht überschreiten.

Tabelle 2-12: Prozentuale Anforderungen an den Jahres Primärenergiebedarf

| Effizienzgebäude (EG) | EG 40 | EG 55 | EG 70 | EG 100 | Denkmal |
|----------------------------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Q_P in % von $Q_{P,REF}$ | 40 % | 55 % | 70 % | 100 % | 160 % |

Für Zonen, die mit einer Raum-Solltemperatur $T \geq 19 \text{ °C}$ beheizt werden, darf der über diese Zonen gemittelte Wärmedurchgangskoeffizient für die opaken Außenbauteile (\bar{U}_{opak}), die transparenten Außenbauteile ($\bar{U}_{transparent}$) und

Vorhangfassaden ($\bar{U}_{Vorhang}$) sowie für Glasdächer/Lichtbänder und Lichtkuppeln (\bar{U}_{Licht}) die in Tabelle 2-13 aufgeführten Werte nicht überschreiten.

Tabelle 2-13: BEG-Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten

| BEG-Effizienzgebäude | EG 40 | EG 55 | EG 70 | EG 100 | Denkmal |
|----------------------|-------|-------|-------|--------|---------|
| | | | | | |

¹⁰ Vorhangfassaden, deren Bauart in DIN EN 13947: 2007-07 beschrieben ist

¹¹ Zu finden auf <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebaeude-beg.html>

| $(T \geq 19 \text{ °C})$ | $[W/(m^2K)]$ | $[W/(m^2K)]$ | $[W/(m^2K)]$ | $[W/(m^2K)]$ | $[W/(m^2K)]$ |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| \bar{U}_{opak} | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,34 | - |
| $\bar{U}_{\text{transparent, Vorhang}}$ | 1,00 | 1,20 | 1,40 | 1,80 | - |
| \bar{U}_{Licht} | 1,60 | 2,00 | 2,40 | 3,00 | - |

Für Zonen, die mit einer Raum-Solltemperatur von mindestens 12 °C bis maximal 19 °C beheizt werden, darf der über diese Zonen gemittelte

Wärmedurchgangskoeffizient für die wärmeübertragenden Außenbauteile die in Tabelle 2-14 aufgeführten Werte nicht überschreiten.

Tabelle 2-14: BEG-Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten bei niedrigbeheizten Räumen

| BEG-Effizienzgebäude | EG 40 | EG 55 | EG 70 | EG 100 | Denkmal |
|---|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|
| $(T < 19 \text{ °C})$ | $[W/(m^2K)]$ | $[W/(m^2K)]$ | $[W/(m^2K)]$ | $[W/(m^2K)]$ | $[W/(m^2K)]$ |
| \bar{U}_{opak} | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,40 | - |
| $\bar{U}_{\text{transparent, Vorhang}}$ | 1,30 | 1,50 | 1,70 | 2,20 | - |
| \bar{U}_{Licht} | 2,00 | 2,50 | 2,80 | 3,60 | - |

2.5.3 Wärmebrücken

Bei Wärmebrücken handelt es sich um örtlich begrenzte Unregelmäßigkeiten in der Gebäudehülle, an denen ein erhöhter Wärmestrom im Vergleich zu den umgebenden Bereichen (Regelbereiche) auftritt. Wärmebrücken können geometrisch bedingt (z.B. Gebäudeecken), stoff- oder materialbedingt (z.B. Stahlbetonstütze in einer Mauerwerkswand) sowie konstruktiv bedingt sein (z.B. Heizkörpernischen). Wärmebrücken können punktförmig (z.B. Verankerung einer Wärmedämmung) oder Linienförmig (z.B. Anschluss einer Geschossdecke) auftreten. Je besser die energetische Qualität der Gebäudehülle ist, desto größer werden die prozentualen Anteile der Wärmeverluste durch die Wärmebrücken. Liegen sie bei nicht modernisierten Bestandsgebäuden bei weniger als 3 bis 5%, können sie bei Gebäuden nach EnEV-Standard 10 bis 15% der Transmissionswärmeverlusten im Regelbereich ausmachen.¹² Somit wird die Bewertung der Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der

Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

Bei Bestandsgebäuden können Wärmebrücken außerdem durch Schäden an Bauteilen (z.B. Beschädigung der Dämmung) oder durch ungünstige Ausführungen vergangener Sanierungsmaßnahmen auftreten.

Bei der Begehung wurde festgestellt, dass in der Vergangenheit Feuchtigkeit in die Dachkonstruktion eingedrungen ist. In diesen Bereichen ist die Dämmwirkung des durchfeuchteten Dämmmaterials verschlechtert, sodass mit erhöhten Wärmeverlusten zu rechnen ist.

In der Simulation wurden die Wärmebrücken pauschal durch den Wärmebrückenkorrekturfaktor berücksichtigt.

2.6 ANLAGENTECHNIK

Im Folgenden wird die vorhandene Anlagentechnik und die Beleuchtung des Gebäudes beschrieben. Unbekannte Werte und Anlagendetails wurden in der Simulation berechnet bzw. als Standardwert angenommen.

¹² Lohmeyer; Praktisch Bauphysik (2019)

2.6.1 Heizung

Das betrachtete Gebäude wird durch einen Gaskessel, welcher in einem beheizten Technikraums des Hauses untergebracht ist, mit Wärme versorgt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik.

Für die Heizung läuft ein Wochenprogramm mit fest eingestellten Zeiten, das nur im Heizungsraum geändert werden kann. Eine Abwesenheitsschaltung existiert nicht.

Aufgrund des Alters der Heizungsanlage ist eine Neuplanung der wärmeerzeugenden Anlage sinnvoll. Dies ist empfehlenswert, da so einerseits einem plötzlichen Anlagenversagen vorgebeugt wird und andererseits eine ökologische Optimierung erreicht werden kann.

Ein hydraulischer Abgleich ist nicht durchgeführt worden.

Details können Tabelle 2-15 entnommen werden.

Tabelle 2-15: Übersicht über die Erzeugereinheit Heizung

| | |
|--------------------------|---------------------------------|
| Erzeuger | Gaskessel (Vaillant VKS 31 E) |
| Baujahr | 1992 |
| Art des Erzeugers | Gebläsekessel |
| Umgebung | Standardrandbedingungen beheizt |
| Energieträger | Erdgas H |
| Kessel-Nennleistung [kW] | 31,29 |

2.6.2 Warmwasser

Die Zonen sonstige Aufenthaltsflächen (18) und Sanitäräume (16) werden mit Warmwasser versorgt. Die Warmwasserbereitung erfolgt im untersuchten Gebäude zentral über den Heizungskessel. Der Warmwasserbedarf wurde auf Grundlage der Nutzungsprofile ermittelt.

durch erhöhte Feuchtigkeit vorzubeugen und vermehrt austretende Schadstoffe aus modernen Baustoffen, Kunststoffen oder Belägen abzuführen.

Im untersuchten Gebäude erfolgt die Be- und Entlüftung vollständig über die vorhandenen Fenster und Türen.

2.6.3 Lüftung

Eine Lüftung findet in jedem Gebäude zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste erfolgen im Wesentlichen über Fenster- und Türfugen. Aber auch Mauerwerksfugen, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen.

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen CO₂ und Feuchtigkeit, die beim Prozess des Ausatmens entstehen, abgeführt werden. Eine Lüftung ist auch nötig, um einer Schimmelbildung

2.6.4 Beleuchtung

Das Gebäude wird mit verschiedenen Leuchtmitteln beleuchtet. Überwiegend befinden sich ein- bzw. mehrflamige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung P_{Lampe} bis zu 58 W sowie mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) im Gebäude.

Die Ermittlung der elektr. Leistung wurde über das Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4 bestimmt. Mit Ermittlung der elektr. Leistung und der jährlichen Nutzungsdauer der bestehenden Beleuchtungsanlage wird der jährliche Energieeinsatz pro Gebäude bzw. Beleuchtungszone

bestimmt. Die Beleuchtungszonen sind in Tabelle 2-16 aufgeführt.

Tabelle 2-16: Beleuchtungsbereiche im untersuchten Gebäude

| Zone | Beleuchtungsbereich [m ²] | |
|--------------------------------|---------------------------------------|------|
| | KVG | LED |
| Sanitärräume (16) | 15,03 | |
| Verkehrsflächen (19) | 47,59 | |
| Lager, Technik (20) | 107,92 | |
| Einzelbüro (1) | | 13,5 |
| Sonstige Aufenthaltsräume (18) | 87,23 | |

2.6.5 Einstufung von Solarthermie & Photovoltaik

Nutzung einer Solaranlage für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung

Die Installation einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung bringt eine zusätzliche Einsparung an fossiler Energie und dient einer Reduktion von Emissionen.

Bei der thermischen Nutzung von Sonnenenergie mittels Sonnenkollektoren, wird Sonnenlicht für die Erwärmung des Heiz- und Warmwasserbedarfs genutzt. Dieses kann zum Duschen, Händewaschen oder wenn ein Warmwasseranschluss an Geräten wie Geschirrspülmaschine und Waschmaschine vorhanden ist, für deren Reduktion des Energieverbrauches eingesetzt werden. Besonders sinnvoll ist die Kombination von Heizkessel und Warmwasserbereiter, wenn das Warmwasser im Sommer vollständig durch die Solaranlage geliefert und der Kessel abgeschaltet werden kann. Unter allgemein guten Bedingungen lassen sich mit einer solchen Anlage jährlich bis zu 50 bis 60% des Warmwasserbedarfes decken. In den Übergangsmonaten, im Frühjahr und Herbst, kann die solare

Heizungsunterstützung bis zu ca. 15 % an Heizenergie einsparen.

Als Kollektortypen stehen Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren zur Auswahl. Die in den Kollektoren gewonnene Solarenergie wird über ein Wärmeträgermedium in einen bivalenten Warmwasserspeicher geleitet. Bivalent bedeutet, dass dieser Speicher von zwei Wärmequellen (Solarkollektor und Heizkessel) versorgt wird. Vorrangig ist dabei die Nutzung der Solarenergie. Reicht diese nicht aus, bringt der Heizkessel das Warmwasser auf das gewünschte Temperaturniveau.

Grundsätzlich wäre eine Nutzung von Solarthermie zur Warmwasserunterstützung sinnvoll. In Anbetracht der Empfehlung das Dach mit einer PV-Anlage auszustatten, raten wir aufgrund der eingeschränkten Flächenverfügbarkeit in diesem Fall jedoch von der Nutzung von Solarthermie ab.

Nutzung von Solarstrom zur Eigenstromversorgung

Die regenerative Stromerzeugung ermöglicht eine erhebliche Reduktion der CO₂-Belastung der Umwelt. Unter Berücksichtigung der

Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2021 sowie den steigenden Strompreisen, wird die Eigennutzung des eigen erzeugten Solarstroms unter wirtschaftlichen Aspekten attraktiver und sollte in die Überlegungen für die Bewirtschaftung eines Gebäudes mit einbezogen werden. Bedingt durch die stufenweise bzw. kontinuierliche Verminderung der Einspeisevergütung für die regenerative, bzw. solare Stromerzeugung wird die reine wirtschaftliche Betreibung einer Photovoltaikanlage zusehends schwieriger.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage wird als erster Schritt der Strombedarf für das Gebäude ermittelt. Dieses lässt sich durch eine elektrische Wirkleistungsmessung feststellen. Danach sollte ein möglichst hoher, aber realistischer, Eigennutzungsanteil des Solarstroms festgelegt werden. Um diese Vorgaben umzusetzen, muss gleichzeitig überprüft werden, ob die vorhandenen Dachflächen für die Installation der Paneele groß genug sind. Bei Schrägdächern ist eine geeignete Ausrichtung erforderlich. Flachdächer stellen bezüglich der Ausrichtung kein Problem dar. Sofern die vorgesehene Dachkonstruktion zusätzliche Lasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich) wird auf der vorgesehenen Dachfläche eine entsprechend große Photovoltaikanlage installiert. Die wirtschaftliche Größe der Anlage sollte durch eine Simulation, unter Berücksichtigung der Vorgaben nach dem aktuellen EEG 2021, ermittelt werden.

Die Nutzung von Photovoltaik ist empfehlenswert. Das Dach bietet ausreichend Fläche und hat die optimale Ausrichtung. Es ist keine Verschattung zu erwarten. In Kombination mit der empfohlenen Wärmepumpe, kann der Eigenverbrauchsanteil erheblich erhöht werden.

2.7 RANDBEDINGUNGEN ÖKONOMIE

Die wirtschaftliche Betrachtung der Sanierungsvarianten stellt einen wichtigen Bestandteil der Untersuchung dar. Die dafür angesetzten Randbedingungen werden im Folgenden aufgeführt und erläutert.

Die Nutzungsdauer für Bauteile wurde nach dem Katalog des Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)¹³ bestimmt. Die Nutzungsdauer anlagentechnischer Bestandteile bezieht sich auf die VDI-Richtlinie 2067¹⁴.

Für die Berechnung der Amortisationszeit wird ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren angesetzt. Sie bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten. In die Bestimmung der Amortisationszeit werden Ersatzinvestitionen miteinbezogen, weshalb es sein kann, dass sich Maßnahmen nach Ablauf der Nutzungsdauer und einer anschließenden Reinvestition amortisieren. Die in den nächsten Jahren immer weiter steigende CO₂-Bepreisung wurde in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Gemäß der Nutzerangaben wurden die dargestellten (brutto) Energiepreise je Energieträger angesetzt (Tabelle 2-17). Die Tabelle beinhaltet zusätzliche Energieträger, die in den Sanierungsvarianten mit neuen Wärmeerzeugern vorgeschlagen werden.

Tabelle 2-18 zeigt die angesetzten Annahmen zur ökonomischen Betrachtung der Sanierungsvarianten. Die ökonomischen Betrachtungen beruhen auf einer dynamischen Amortisationsberechnung.

Tabelle 2-17: Bezugskosten der Energieträger und angenommene jährliche Preissteigerung

| Bezeichnung | Einheit | Preis [€/Einheit] | jährl. Preissteigerung ¹⁵ [%] | CO ₂ -Emissionen [g/Einheit] |
|-------------|---------|----------------------|---|--|
| Erdgas | kWh | 0,061 | 2,00 | 227,7 |

¹³ Zu finden unter <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/nutzungsdauern-von-bauteilen/>

¹⁴ VDI 2067 (2010) Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung

¹⁵ Jährliche Preissteigerung, inflationsbereinigt

| Bezeichnung | Einheit | Preis [€/Einheit] | jährl. Preissteigerung ¹⁵ [%] | CO ₂ -Emissionen [g/Einheit] |
|------------------------|---------|----------------------|---|--|
| Strom-Mix (alte Werte) | kWh | 0,280 | 2,00 | 584,0 |

Tabelle 2-18: Annahmen zur Ökonomie

| | |
|---|------|
| kalkulatorischer Zinssatz [%] | 0,41 |
| jährliche Preissteigerung [%] | 2,0 |
| Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt | nein |

2.7.1 Preisermittlung

Die angesetzten Preise sind als Richtpreise zu verstehen und beruhen auf Kostenkennwerten, Erfahrungswerten sowie Angebotsanfragen vergleichbarer Sanierungsobjekte.¹⁶ Die Kostenkennwerte sind durch einen Regionalfaktor auf die Region der untersuchten Liegenschaft angepasst. Durch die hohe Individualität von Baumaßnahmen, unbekanntem Randbedingungen (wie z.B. der Beschaffenheit des Bodens) sowie Annahmen zur künftigen Preisentwicklung von Bauleistungen, können die tatsächlichen Investitionskosten abweichen.

Die angegebene Investitionssumme stellt die Gesamtkosten zum Zeitpunkt der Investition dar und umfasst keine Ersatzinvestitionen nach Ablauf der jeweiligen Nutzungsdauer. Ein Teil der Investitionssumme ist bei einigen Maßnahmen ggf. ohnehin im näheren Betrachtungszeitraum nötig (z.B. der Austausch eines alten Heizungskessels oder die Sanierung alter Fenster etc.). Die energetisch bedingten Mehrkosten geben dann die Kosten wieder, die zum Erreichen eines höheren energetischen Standards – als ohnehin rechtlich (z.B. durch das GEG) gefordert – notwendig sind.

¹⁶ z.B. BKI-Tabellen 2019, Baukosten 2018 (23. Auflage), Baupreislexikon online (Juni 2021)

3 SANIERUNGSVARIANTEN

3.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend werden verschiedene Sanierungsvarianten und Kombinationen der Sanierungsvarianten (SV) aufgezeigt:

Dargestellte Sanierungsvarianten:

- ▶ SV1: Wand sanieren
- ▶ SV2: Fußboden sanieren
- ▶ SV3: Dach sanieren
- ▶ SV4: Fenster erneuern

- ▶ SV5: LED Präsenzmelder
- ▶ SV6: Anlagentechnik und Fußbodenheizung (WP, PV)
- ▶ KfW-55 Standard
- ▶ PV-Anlage

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen.

3.2 SV1: WAND SANIEREN

Die bisher kaum gedämmten Außenwände werden in dieser Maßnahme nachträglich von außen gedämmt. Die Maßnahme wird als Wärmedämmverbundsystem ausgeführt.¹⁷ Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Die Wandflächen werden freigelegt und anschließend für das Anbringen der Wärmedämmung gesäubert und vorbereitet. Die Dämmschicht wird vollflächig angebracht, verdübelt und mit Putz vor Witterung geschützt. Auf die wärmebrückenarme Einbindung der Fenster ist zu achten.

Das nachträglich gedämmte Bauteil muss die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximale U-Wert beträgt 0,24 W/m²K. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Für die

Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG, muss ein U-Wert von 0,14 W/m²K eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U-Wert von 0,14 W/m²K berücksichtigt. Dieser wird mit einer Dämmdicke von 9 cm und einer WLS 032 erreicht, welche zusätzlich zur vorhandenen Dämmung befestigt wird.

Die energetisch bedingten Mehrkosten entsprechen den Gesamtkosten der Maßnahme, da eine Sanierung der Außenwände aus Instandhaltungstechnischen Gründen nicht ansteht. Die zusätzliche Dämmung ist zur Erreichung eines BEG-Effizienzgebäude-Standards notwendig.

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-1 aufgeführt.

Tabelle 3-1: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante¹⁸

| Sanierungsvariante | SV1: Wand sanieren | |
|---|--------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 44.118 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ¹⁹ | 6.474 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 6.367 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 107 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 1,6 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ¹⁹ | 105.420 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 388,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 103.527 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 381,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |

¹⁷ Die Ausführung als WDVS ist in der Regel günstiger als die Ausführung mit einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade (VHF) oder einem Vormauerwerk. Da der Putz jedoch voraussichtlich früher saniert werden muss ist die Nutzungsdauer mit 30 Jahren geringer als die der anderen Systeme. Aus diesem Grund und vor dem Gesichtspunkt eines möglichst einfachen und in einzelne Baustoffe separierbaren Rückbaus am Ende der Nutzungsdauer, ist die Ausführung als WDVS bzw. als VHF oder als Vormauerwerk abzuwägen.

¹⁸ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

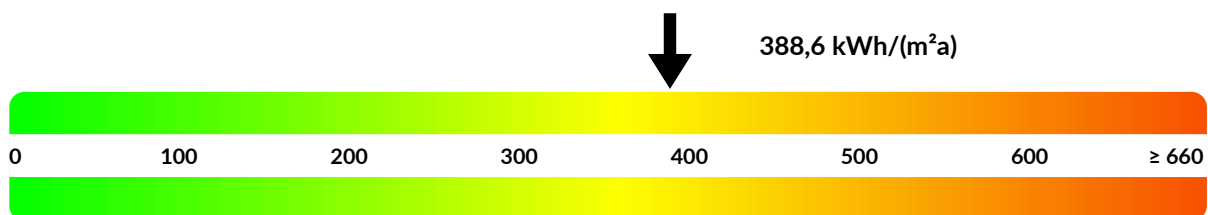
¹⁹ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

Sanierungsvariante

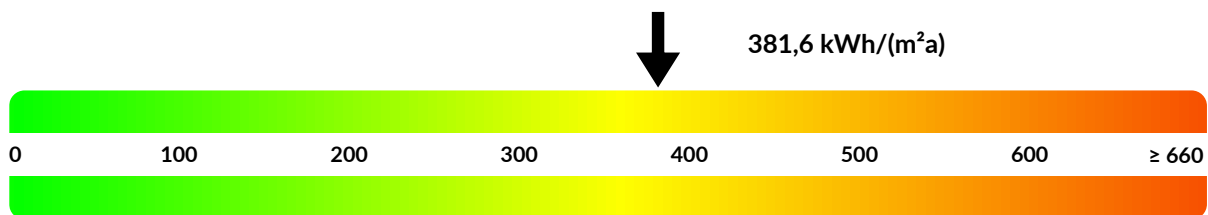
SV1: Wand sanieren

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|--------|---------|
| jährliche Endenergieeinsparung | 1.893 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 1,8 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{19 20} | 23.818 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²⁰ | 23.406 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁰ | 413 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁰ | 1,7 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | -- | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ²¹ | 0,47 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²⁰ Emissionsfaktoren nach GEG

²¹ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.3 SV2: FUßBODEN SANIEREN

Die Bodenplatte des Gebäudes erhält in dieser Maßnahme nachträglich eine Dämmung. Hierfür wird der Bodenbelag bzw. der vorhandene Verbundestrich entfernt und die Betonfläche gesäubert. Anschließend wird eine Dämmung aufgebracht und ein schwimmender Estrich eingebracht. Das nachträglich gedämmte Bauteil muss die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximale U-Wert beträgt $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Für die Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG, muss ein U-Wert von $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher

ein U-Wert von $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt. Dieser wird mit einer Dämmdicke von 12 cm und einer WLS 031 erreicht.

Es ist darauf zu achten, dass Mindestraumhöhen nicht unterschritten werden. Außerdem müssen die vorhandenen Innentüren entsprechend angepasst werden.²² Die Umsetzung dieser Maßnahme sollte in Kombination mit der Sanierung des Daches geschehen, damit Mindestraumhöhen eingehalten werden können.

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-2 aufgeführt.

Tabelle 3-2: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante²³

| Sanierungsvariante | SV2: Fußboden sanieren | |
|--|-------------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 33.565 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ²⁴ | 6.474 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 6.161 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 313 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 4,8 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ²⁴ | 105.420 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 388,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 99.861 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 368,1 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 5.559 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 5,3 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{24 25} | 23.818 | kg/a |

²² Diese Kosten sind nicht in der Maßnahme enthalten

²³ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

²⁴ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

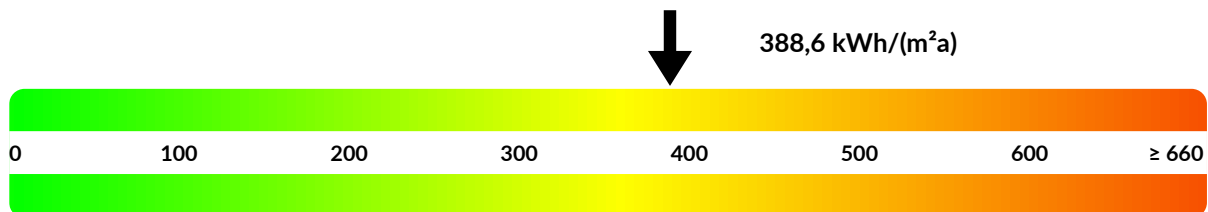
²⁵ Emissionsfaktoren nach GEG

Sanierungsvariante

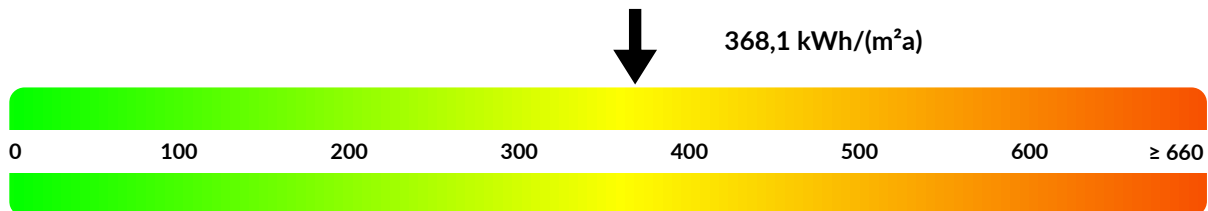
SV2: Fußboden sanieren

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|-------------|----------------|
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²⁵ | 22.606 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁵ | 1.212 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁵ | 5,1 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | 32 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ²⁶ | 0,12 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²⁶ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.4 SV3: DACH/OBERSTE GESCHOSSDECKE SANIEREN

In dieser Maßnahme wird die oberste Geschossdecke gedämmt. Sie trennt beheizte Bereiche vom unbeheizten und ungedämmten Dachraum. Die Dämmung kann entweder direkt durch einen trittfesten Dämmstoff ausgeführt werden oder indem sie flächendeckend bzw. bereichsweise mit Laufstegen z.B. aus Holzplatten abgedeckt wird. In dieser Maßnahme wird eine weiche Dämmung und der Einbau von Laufstegen berücksichtigt.

Das nachträglich gedämmte Bauteil muss die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximal U-Wert beträgt $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Für die Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG, muss ein U-Wert von $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U-

Wert von $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt. Dieser wird mit einer Dämmdicke von 28 cm und einer WLS 031 erreicht.

Weder durch vorhandene Pläne noch durch die Befragung der Verantwortlichen vor Ort oder die örtliche Begehung konnte festgestellt werden, ob bereits eine (nicht offen sichtbare) Dämmung der Geschossdecke existiert. Es wurde deshalb von einer ungedämmten bzw. kaum gedämmten Geschossdecke ausgegangen. Sollte durch eine Öffnung der Geschossdecke bzw. eine Kernbohrung festgestellt werden, dass bereits eine Dämmung vorhanden ist, ist der eingehaltene energetische Standard zu ermitteln. Da durch die Geschossdecke viel Wärme verloren gehen kann, ist eine zusätzliche Dämmung häufig trotzdem empfehlenswert.

Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-3 aufgeführt.

Tabelle 3-3: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante²⁷

| Sanierungsvariante | SV3: Dach sanieren | |
|---|--------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 43.635 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ²⁸ | 6.474 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 5.710 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 763 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 11,8 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ²⁸ | 105.420 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 388,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 91.758 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 338,2 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |

²⁷ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

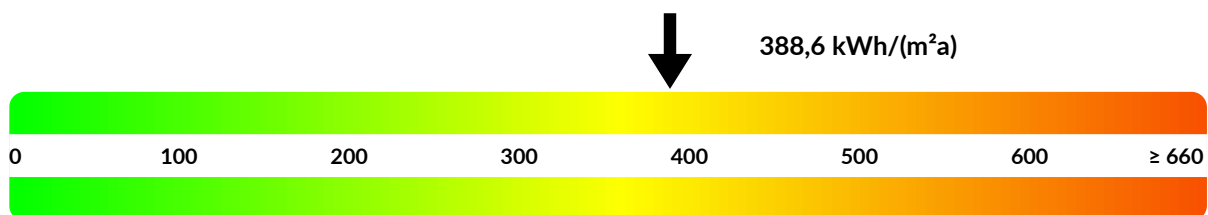
²⁸ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

Sanierungsvariante

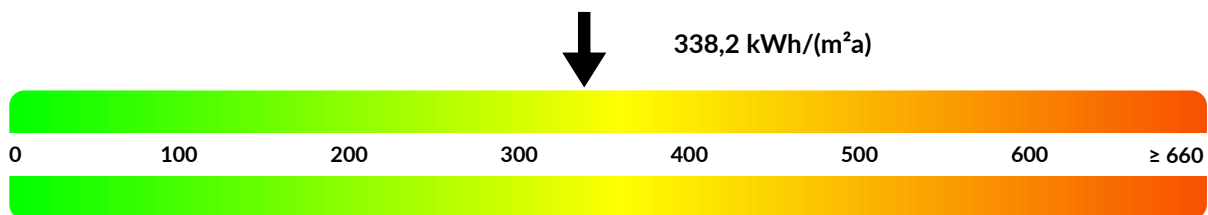
SV3: Dach sanieren

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|--------|---------|
| jährliche Endenergieeinsparung | 13.663 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 13,0 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{28 29} | 23.818 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²⁹ | 20.847 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁹ | 2.971 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁹ | 12,5 | % |
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | 24 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ³⁰ | 0,06 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²⁹ Emissionsfaktoren nach GEG

³⁰ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.5 SV4: FENSTER ERNEUERN

Aufgrund des inzwischen energetisch veralteten Standards der vorhandenen Fenster wird in dieser Sanierungsvariante ein Austausch der Fenster betrachtet. Die neuen Fenster müssen mindestens die Anforderungen des GEGs einhalten. Der aktuell geforderte maximale U_w -Wert beträgt $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um auch zukünftig einen guten energetischen Standard des Gebäudes sicherzustellen, wird empfohlen, die heutigen Anforderungen des GEGs zu unterschreiten. Um eine Förderung als Einzelmaßnahme durch die BEG zu erhalten, muss ein U_w -Wert von

$0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten werden. In dieser Simulation wird daher ein U_w -Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt.

Um die Schimmelbildung im Bereich der Fensterlaibung zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass der U-Wert der einzelnen Fenster nicht besser ist als die umgebende Außenwand. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-4 aufgeführt.

Tabelle 3-4: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante³¹

| Sanierungsvariante | SV4: Fenster erneuern | |
|--|-----------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 17.527 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ³² | 6.474 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 6.393 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 81 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 1,2 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ³² | 105.420 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 388,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 103.914 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 383,0 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | 1.507 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 1,4 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{32 33} | 23.818 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ³³ | 23.497 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³³ | 322 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³³ | 1,4 | % |

³¹ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

³² Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

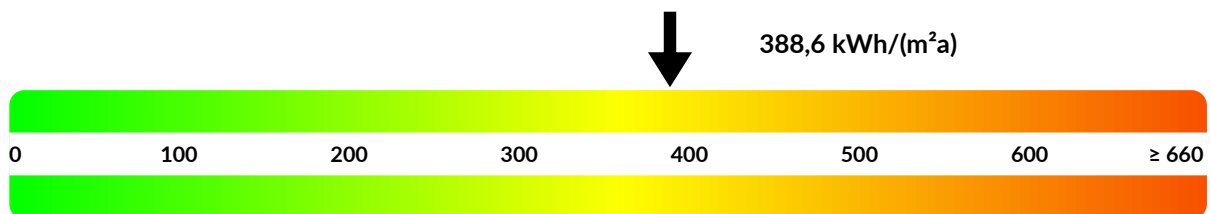
³³ Emissionsfaktoren nach GEG

Sanierungsvariante

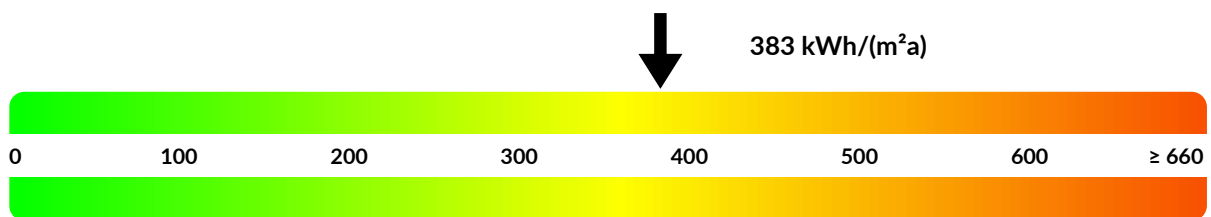
SV4: Fenster erneuern

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|------------------------------------|------|---------|
| Nutzungsdauer | 50 | a |
| dynamische Amortisation | 42 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ³⁴ | 0,23 | €/kWh |

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



³⁴ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.6 SV5: LED PRÄSENZMELDER

In dieser Variante wird die Umrüstung der Beleuchtung auf LED betrachtet. Im Gebäude sind zurzeit überwiegend Leuchtstofflampen (58W) Kompaktleuchtstofflampen (18W) verbaut.

Die alten Lampen werden samt Lampenkörper demontiert und durch neue, effiziente LED-

Lampen ersetzt. In den allen Zonen wird der Einbau einer Präsenzmeldung angesetzt.

Für die Umrüstung der Beleuchtung zur LED-Beleuchtung wird eine Fachplanung empfohlen.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-5 aufgeführt.

Tabelle 3-5: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante³⁵

| Sanierungsvariante | SV5: LED Präsenzmelder | |
|--|-------------------------------|--|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 7.768 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ³⁶ | 6.474 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 6.201 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 273 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 4,2 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ³⁶ | 105.420 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation | 388,6 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 106.680 | kWh/a |
| spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 393,2 | kWh/(m ² _{NGF} *a) |
| jährliche Endenergieeinsparung | -1.260 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | -1,2 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{36 37} | 23.818 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ³⁷ | 23.568 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁷ | 250 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁷ | 1,0 | % |
| Nutzungsdauer | 30 | a |
| dynamische Amortisation | 16 | a |

³⁵ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

³⁶ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

³⁷ Emissionsfaktoren nach GEG

Sanierungsvariante

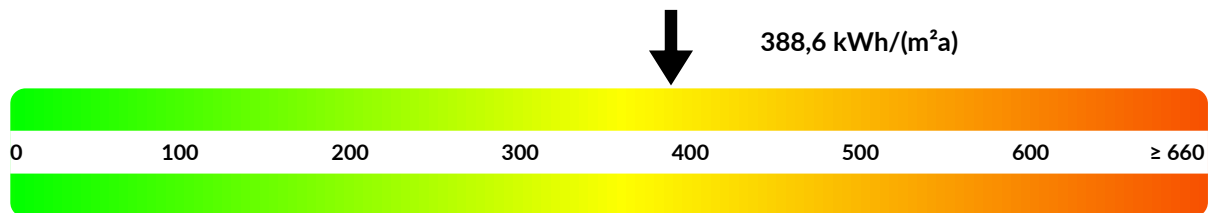
SV5: LED Präsenzmelder

Kenndaten

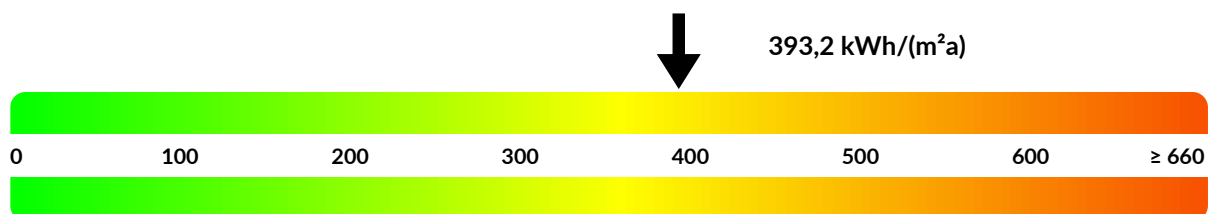
Wert Einheit

| | | |
|------------------------------------|-------|-------|
| Kosten/Nutzen-Faktor ³⁸ | -0,21 | €/kWh |
|------------------------------------|-------|-------|

Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



³⁸ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.7 SV6: ANLAGENTECHNIK UND FUßBODENHEIZUNG (WP, PV)

In dieser Variante wird der Einbau einer strombetriebenen Sole-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit einer PV-Anlage untersucht.³⁹

Im Gebiet des untersuchten Gebäudes besteht voraussichtlich eine gute geothermische Ergiebigkeit für Erdsonden und es liegt kein Wasserschutzgebiet vor.⁴⁰ Die notwendigen Bohrungen könnten im Bereich des Hinterhofes im Süden des Gebäudes durchgeführt werden. Eine Probebohrung ist in der Regel notwendig, um detaillierte Erkenntnisse zu erlangen und wurde in den Kosten der Maßnahme berücksichtigt.

Die untersuchte Wärmepumpe (13,12 kW, mit Heizstab, COP 3,07) wird in der Simulation zur Erzeugung der Heizwärme genutzt. Wärmepumpen sind besonders dann sehr effizient, wenn niedrige Vorlauftemperaturen erreicht werden können. Es wird deshalb empfohlen im Gebäude eine Fußbodenheizung zu installieren, was sich besonders in Kombination mit Sanierungsvariante 2 (Fußboden sanieren) anbietet. In dieser Variante wurde diese Möglichkeit betrachtet und in den energetisch bedingten Mehrkosten berücksichtigt.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-6 aufgeführt. Kennwerte der simulierten PV-Anlage können Tabelle 3-7 und Abbildung 3-1 entnommen werden

Tabelle 3-6: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁴¹

| Sanierungsvariante | SV6: Anlagentechnik und Fußbodenheizung (WP, PV) | |
|--|---|----------------|
| Kenndaten | Wert | Einheit |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 130.406 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ⁴² | 6.474 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.} | 4.167 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 2.306 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 35,6 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁴² | 105.420 | kWh/a |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 15.331 | kWh/a |
| jährliche Endenergieeinsparung | 90.089 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 85,5 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ⁴³ | 23.818 | kg/a |

³⁹ Erläuterungen und Annahmen zur Simulation der PV-Anlage sind in Abschnitt 3.9 aufgeführt

⁴⁰ Nach Ministerium für Energie Infrastruktur und Entwicklung MV (zu finden unter <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/em/Energie/Geothermie/>)

⁴¹ Alle Kostangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁴² Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁴³ Emissionsfaktoren nach GEG

Sanierungsvariante

SV6: Anlagentechnik und
Fußbodenheizung (WP,
PV)

| Kenndaten | Wert | Einheit |
|--|--------|---------|
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴³ | 9.177 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁴³ | 14.642 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁴³ | 61,5 | % |
| Nutzungsdauer | 20 | a |
| dynamische Amortisation | 35 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ⁴⁴ | 0,07 | €/kWh |

Tabelle 3-7: Kennwerte der simulierten PV-Anlage

| | | |
|---|---------|-------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 130.406 | € |
| Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer) | 21.604 | kWh/a |
| Jahresertrag | 20.770 | kWh/a |
| Eigenverbrauch | 6.273 | kWh/a |
| Einspeisung | 14.498 | kWh/a |
| CO ₂ -Reduktion durch verringerten Netzbezug | 3.513 | kg/a |
| CO ₂ -Reduktion durch Verdrängung im Netz | 8.119 | kg/a |

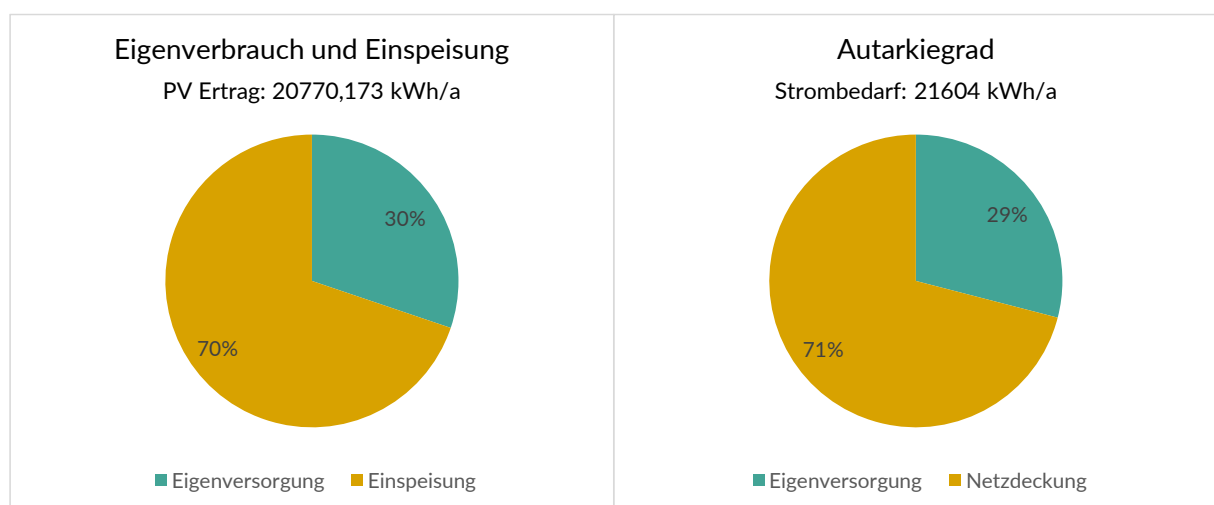


Abbildung 3-1: Darstellung des Eigenverbrauchs und des Autarkiegrads der simulierten Maßnahme

⁴⁴ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.8 BEG-EFFIZIENZGEBÄUDE 55

Um die Anforderungen an ein BEG-Effizienzgebäude 55 zu erfüllen, werden die verschiedenen Maßnahmen in dieser Sanierungsvariante kombiniert.⁴⁵ Dazu gehören die Sanierung der Außenwände, des Fußbodens und der obersten Geschossdecke sowie der Austausch der Fenster. Außerdem wird die Beleuchtung durch eine LED-Beleuchtung mit Präsenzmeldern und der

alte Heizungskessel durch einen Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt. Zusätzlich wird eine PV-Anlage auf dem Dach installiert. Details zu den kombinierten Maßnahmen können den jeweiligen Beschreibungen (Abschnitt 3.2 bis 3.7 und 3.9) entnommen werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-8 aufgeführt.

Tabelle 3-8: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁴⁶

| Sanierungsvariante | BEG-EG 55 | |
|---|-----------|---------|
| | Wert | Einheit |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 243.790 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ⁴⁷ | 6.474 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 1.686 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 4.787 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 74,0 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁴⁷ | 105.420 | kWh/a |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 6.469 | kWh/a |
| jährliche Endenergieeinsparung | 98.951 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 93,9 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ⁴⁸ | 23.818 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁴⁸ | 4.186 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁴⁸ | 19.632 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 48} | 82,4 | % |
| Nutzungsdauer | 35 | a |
| dynamische Amortisation | 30 | a |
| Kosten/Nutzen-Faktor ⁴⁹ | 0,07 | €/kWh |

⁴⁵ Details zu den Anforderungen sind in 2.5.2 aufgeführt, weitere Details zur Förderung in Abschnitt 5.1.2.

⁴⁶ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁴⁷ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁴⁸ Emissionsfaktoren nach GEG

⁴⁹ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Gemäß GEG wird die PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden. Um eine Anlage zu untersuchen, welche dem realen Bedarf näherkommt, wird nachfolgend abweichend vom GEG eine eigene Abschätzung der PV-Anlage gemacht. Dazu gehört die Verringerung des Strombezugs aus dem Netz und die damit zusammenhängende Amortisationszeit.

| | |
|---|--------------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 243.790 € |
| Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer) | 12.742 kWh/a |
| Jahresertrag | 20.770 kWh/a |
| Eigenverbrauch | 6.273 kWh/a |
| Einspeisung | 14.498 kWh/a |
| CO ₂ -Reduktion durch verringerten Netzbezug | 3.513 kg/a |
| CO ₂ -Reduktion durch Verdrängung im Netz | 8.119 kg/a |

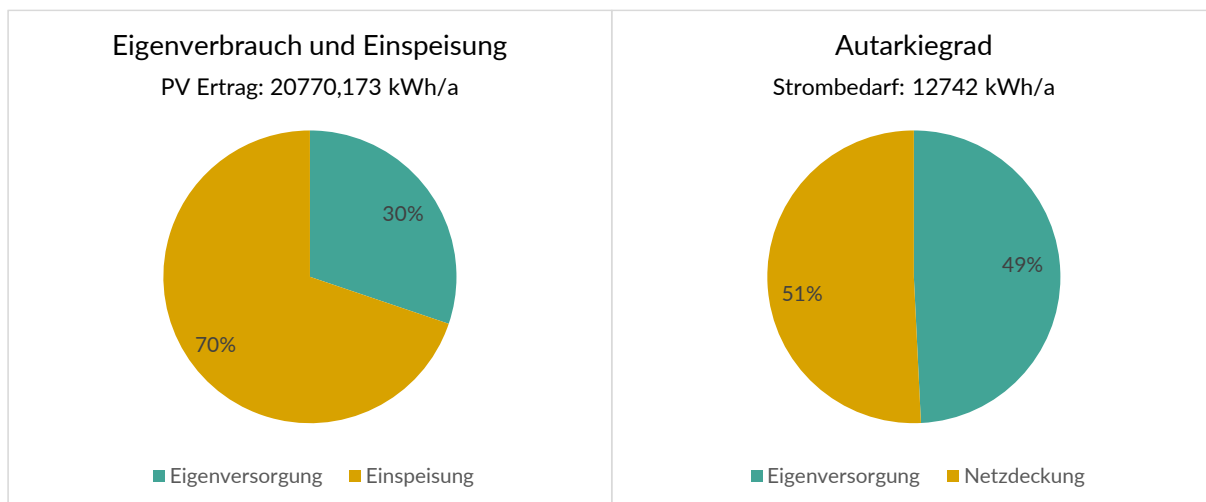


Abbildung 3-2: Darstellung des Eigenverbrauchs und des Autarkiegrads der simulierten Maßnahme

3.9 PV-ANLAGE

Zur Stromerzeugung wird in dieser Maßnahme eine Photovoltaik-Anlage aus monokristallinem Silizium installiert. In der Simulation beträgt die Kollektorfläche 103,9 m², womit sich eine Peakleistung von 20,6 kWp ergibt. Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage ist ein hoher Eigenverbrauch des Solarstroms ausschlaggebend. Für die Anlage ergibt sich voraussichtlich ein Eigennutzungsanteil von ca. 30,2 %, bezogen auf den berechneten Strombedarf. Die Einspeisevergütung gemäß EEG (Vergütung entsprechend März 2021) wurde in der Wirtschaftlichkeitsberechnung mitberücksichtigt.

Gemäß GEG werden Einsparungen der PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden.

Für die Berechnung genauer Kennzahlen ist eine Fachplanung erforderlich. Die Tragfähigkeit des Daches muss vorher durch einen Sachverständigen geprüft werden.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-9 aufgeführt.

Tabelle 3-9: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁵⁰

| Sanierungsvariante | PV-Anlage | |
|---|-----------|---------|
| | Wert | Einheit |
| Kenndaten | | |
| Energetisch bedingte Mehrkosten | 30.885 | € |
| Energiekosten in der Ausgangssituation ⁵¹ | 6.474 | €/a |
| Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 4.592 | €/a |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr | 1.882 | €/a |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr | 29,1 | % |
| Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁵¹ | 105.420 | kWh/a |
| Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante | 99.148 | kWh/a |
| jährliche Endenergieeinsparung | 6.273 | kWh/a |
| prozentuale jährliche Endenergieeinsparung | 6,0 | % |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ⁵² | 23.818 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 52} | 20.306 | kg/a |
| jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁵² | 3.513 | kg/a |
| prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁵² | 14,7 | % |

⁵⁰ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁵¹ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁵² Emissionsfaktoren nach GEG

| <i>Sanierungsvariante</i> | <i>PV-Anlage</i> | |
|---|------------------|----------------|
| | <i>Wert</i> | <i>Einheit</i> |
| <i>Kenndaten</i> | | |
| <i>Nutzungsdauer</i> | 20 | a |
| <i>dynamische Amortisation</i> | 11 | a |
| <i>Kosten/Nutzen-Faktor</i> ⁵³ | 0,25 | €/kWh |

⁵³ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

4 FAZIT

Für den Bauhof & Jugendclub wird die **Sanierungsvariante BEG-Effizienzgebäude 55** (Sanierung der Außenwände, des Fußbodens und des Daches, ein Fenstertausch, Installation von LED-Beleuchtung sowie einer Sole-Wasser-Wärmepumpe und einer PV-Anlage) empfohlen. Durch die Sanierung der thermischen Hüllfläche sinkt der Wärmebedarf des Gebäudes, sodass eine neue Heizungslage kleiner dimensioniert werden kann. Durch die Sanierung können außerdem geringere Vorlauftemperaturen eingestellt werden, wodurch die Wärmepumpe effektiver arbeitet.

Für die Maßnahmen sind Investitionen (Gesamtkosten) von ca. 243.790 € brutto erforderlich, wodurch jährlich etwa 4.787 € (77,4%) an Energiekosten eingespart werden können.

Außerdem führt die Umsetzung zu jährlichen CO₂-Einsparungen von etwa 19.100 kg/a (ca. 82,0%) und senkt den Primärenergiebedarf jährlich um ungefähr 91.715 kWh/a (87,2%) auf 13.455 kWh/a.

Für die Versorgung des Gebäudes wird in der empfohlenen Variante lediglich der Energieträger Strom benötigt, der zum Teil vor Ort durch die PV-Anlage gewonnen wird. Zusätzlich muss Strom aus dem Netz bezogen werden. Wird hier auf einen Ökostromanbieter zurückgegriffen, kann das Gebäude somit ohne Treibhausgasemissionen aus fossilen Energieträgern betrieben werden.

In Zeiten, in denen vor Ort mehr Strom gewonnen wird als gespeichert oder verbraucht werden kann, wird dieser ins Netz eingespeist und trägt auch dort zur CO₂-Reduktion insgesamt bei.

Die wichtigsten Kennzahlen sind für den Ausgangsfall sowie für die wesentlichen Sanierungsmaßnahmen in Abbildung 4-1 bis Abbildung 4-4 dargestellt.

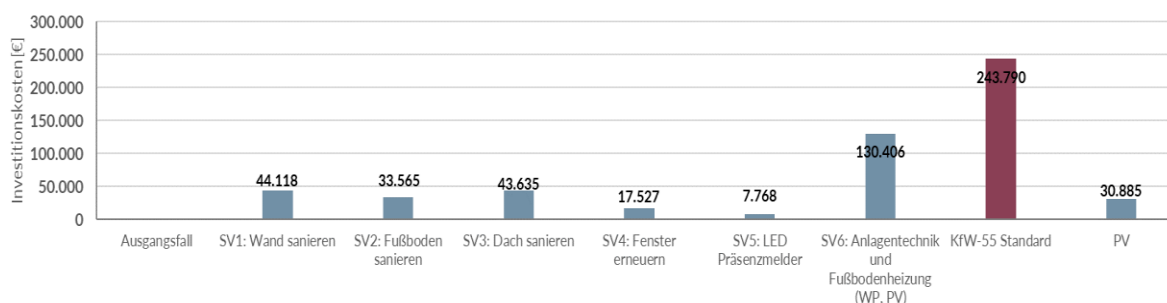


Abbildung 4-1: Investitionskosten der untersuchten Sanierungsvarianten

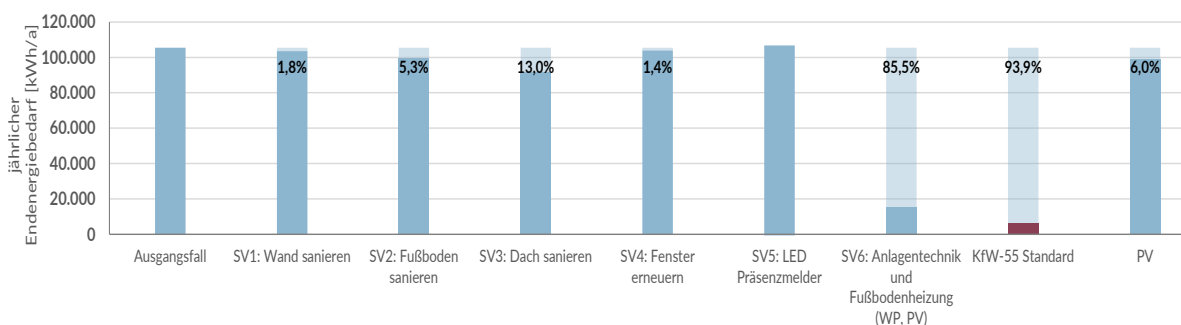


Abbildung 4-2: Jährlicher Endenergiebedarf im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Einsparung an Endenergie

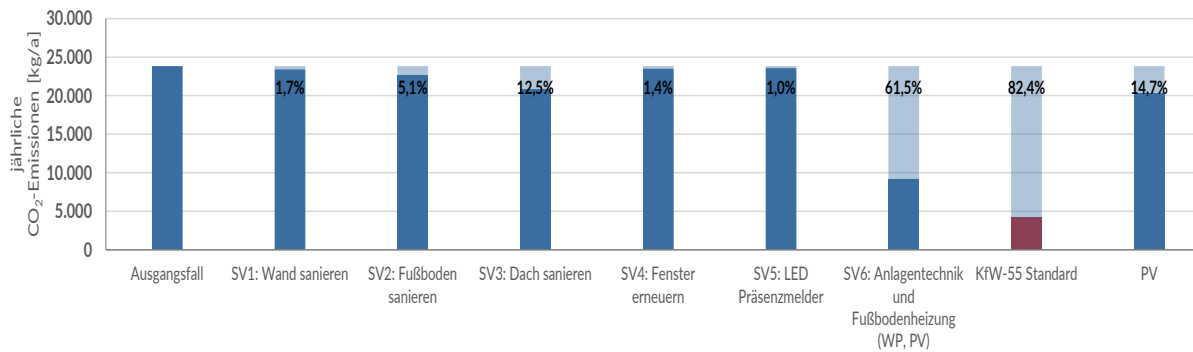


Abbildung 4-3: Jährliche CO₂-Emissionen im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Einsparung an CO₂-Emissionen

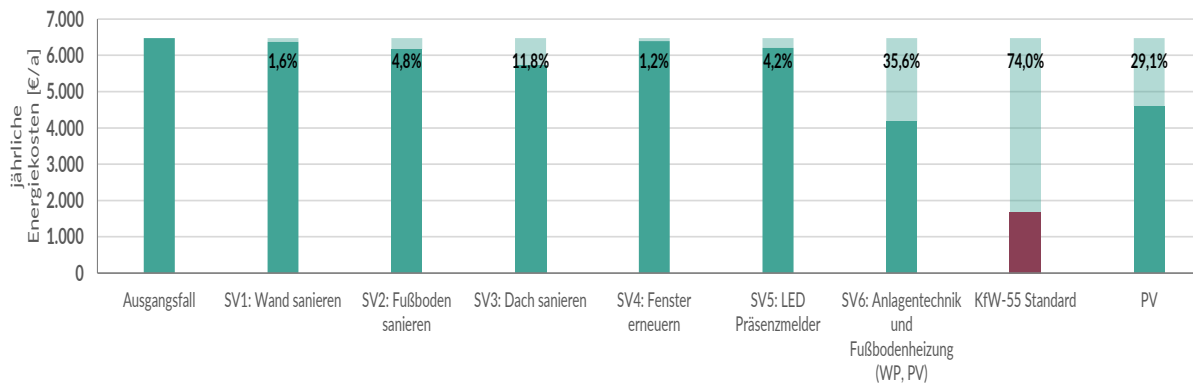


Abbildung 4-4: Jährliche Energiekosten im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Energiekosteneinsparungen

5 FÖRDERMITTEL

Im Folgenden wird eine Übersicht über in Frage kommende Fördermittel gegeben. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

Die Kombination verschiedener Fördermittel ist im Einzelfall zu prüfen. Ist geplant Landes- und Bundesmittel zu kumulieren, sollte sich frühzeitig an den Projektträger Jülich und die zuständige Ansprechperson auf Landesebene gewendet werden.

5.1 BUNDESFÖRDERUNG FÜR EFFIZIENTE GEBÄUDE (BEG)

Die Bundesförderung für Effiziente Gebäude (BEG) stellt seit 2021 die energetische Gebäudeförderung des Bundes dar und löst damit Programme wie das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm (Programme Energieeffizient Bauen und Sanieren), das Programm zur Heizungsoptimierung (HZO), das Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) und das Marktanreizprogramm zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (MAP) ab.

Die BEG gliedert sich in drei Teilbereiche:

- ▶ Einzelmaßnahmen (BEG EM)
- ▶ Wohngebäude (BEG WG)
- ▶ Nichtwohngebäude (BEG NWG)

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Privatpersonen und Wohnungseigentümergeinschaften
- ▶ freiberuflich Tätige
- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften, kommunale Gemeinde- & Zweckverbände, rechtlich unselbständige Eigenbetriebe von kommunalen Gebietskörperschaften, sofern diese zu Zwecken der Daseinsvorsorge handeln
- ▶ Körperschaften & Anstalten des öffentlichen Rechts (z.B. Kammern oder Verbände)
- ▶ gemeinnützige Organisationen (einschließlich Kirchen)
- ▶ Unternehmen (einschließlich Einzelunternehmer & kommunale Unternehmen)

- ▶ sonstige juristische Personen des Privatrechts (einschließlich Wohnungsbaugenossenschaften)

Die Antragsberechtigung gilt für Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, Grundstücksteils, Gebäudes oder Gebäudeteils, auf oder in dem die Maßnahme umgesetzt werden soll, sowie für Contractoren.

5.1.1 BEG Einzelmaßnahmen (EM)

Die BEG EM ist im Januar 2021 in der Zuschussvariante beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gestartet, die BEG EM in der Kreditvariante erfolgt durch die KfW seit dem 1. Juli 2021.

Bei der Antragstellung für Einzelmaßnahme an der Gebäudehülle und Anlagentechnik (außer Heizung) müssen Energie-Effizienzexperten (EEE) eingebunden werden. Die Antragstellung ohne Einbindung eines EEE ist nur für Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik) und Heizungsoptimierung möglich.

Die Förderquoten sind in Tabelle 5-1 aufgeführt. Bei der Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP), ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5% möglich.

Das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen liegt in der Regel bei 2.000 € (brutto). Für Maßnahmen der Heizungsoptimierung beträgt das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen 300 € (brutto). Die förderfähigen Ausgaben für energetische Sanierungsmaßnahmen sind für Nichtwohngebäude gedeckelt auf 1.000 €/m²(NGF) und insgesamt auf maximal 15 Mio. €. Für Wohngebäude sind die förderfähigen Ausgaben für energetische Sanierungsmaßnahmen auf 60.000 € pro Wohneinheit gedeckelt.

Für die Fachplanung und Baubegleitung der Maßnahmen ist zusätzlich eine Förderung von 50% der förderfähigen Ausgaben möglich. Die förderfähigen Ausgaben sind hier gedeckelt auf

5 €/m²_(NGF) und insgesamt auf maximal 20.000 € pro Zuwendungsbescheid.

Die BEG EM kann grundsätzlich mit anderen Fördermitteln kumuliert werden (Ausnahme

EEG-Förderung, KfW-Förderungen). Dabei darf jedoch maximal eine Förderquote von 60% erreicht werden, andernfalls wird die Förderung entsprechend gekürzt.

Tabelle 5-1: Übersicht der Förderquoten von Einzelmaßnahmen der BEG

| Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG) | | Fördersatz |
|--|--|--|
| Gebäudehülle | Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz | 20% |
| Anlagentechnik | Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen, WG: Einbau „Efficiency Smart Home“ NWG: Einbau Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme | 20% |
| Heizungsanlagen | Gas-Brennwertheizungen „Renewable Ready“ | 20% |
| | Gas-Hybridanlagen | 30% ⁵⁴ |
| | Solarthermieanlagen | 30% |
| | Wärmepumpe; Biomasseanlagen; innovative Heizanlagen auf EE-Basis; EE-Hybridheizungen | 35% ⁵⁴ |
| | Anschluss an Gebäude-/Wärmenetz | |
| | Min. 25% EE Min. 55% EE | 30% ⁵⁴ 35% ⁵⁴ |
| Heizungsoptimierung | Hydraulischer Abgleich; Austausch heizungspumpen, Anpassung Temperaturen/Pumpenleistungen; Optimierung Wärmepumpe; Dämmung Rohrleitungen | 20% |

5.1.2 BEG Wohngebäude und Nichtwohngebäude

Mit der BEG WG bzw. NWG werden der Neubau oder die Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG) zu Effizienzgebäuden gefördert. Die BEG NWG und BEG WG (Zuschuss- und Kreditvariante) erfolgen durch die KfW ab 1. Juli 2021. Ab 2023 erfolgt die Förderung in jedem Fördertatbestand wahlweise als direkter Investitionszuschuss des BAFA oder als zinsverbilligter Förderkredit mit

Tilgungszuschuss der KfW. Für kommunale Gebietskörperschaften sowie Gemeinde- und Zweckverbände orientiert sich der Zinssatz beim Kredit an der Kapitalmarktentwicklung. Für alle übrigen Antragsteller hängt der Zinssatz von Ihrer Bonität ab.

Grundsätzlich darf mit dem Vorhaben (Neubau oder Sanierung) erst nach der Beantragung der Förderung gestartet werden. Die Sanierung von Gebäuden kann gefördert werden, wenn diese mindestens 5 Jahre alt sind, das heißt der

⁵⁴ Wird eine mit Öl betriebene Heizungsanlage ausgetauscht erhöht sich die Förderung um 10%.

Bauantrag oder die Bauanzeige mindestens 5 Jahre zurückliegt.

Die folgenden Ausführungen sowie die Übersicht der möglichen (Tilgungs-)zuschüsse in Tabelle 5-2 beziehen sich auf die Förderung für Nichtwohngebäude (NWG).

Die Höchstgrenze der förderfähigen Kosten beträgt für NWG 2.000 €/m²_{NGF} und insgesamt maximal 30 Millionen Euro.

Für die Fachplanung und Baubegleitung der Maßnahmen ist zusätzlich eine Förderung von 50% der förderfähigen Ausgaben möglich. Die förderfähigen Ausgaben sind gedeckelt auf 10 €/m²_(NGF) und insgesamt auf maximal 40.000 € pro Zusage und Kalenderjahr.

Die Höhe des (Tilgungs-)zuschusses steigt, wenn zusätzlich die Erneuerbare-Energien-Klasse (EE-Klasse) oder die Nachhaltigkeitsklasse erreicht wird. Zum Erreichen der EE-Klasse muss die neu eingebaute Heizungsanlage auf Basis erneuerbarer Energien mindestens 55% des Energiebedarfs des Gebäudes decken.⁵⁵ Für die Nachhaltigkeitsklasse muss ein Nachhaltigkeitszertifikat ausgestellt werden. Auch die Nachhaltigkeitszertifizierung kann mit 50% durch einen (Tilgungs-)zuschuss gefördert werden, wenn eine Effizienzhaus-Stufe mit Nachhaltigkeits-Klasse erreicht wird. Für diesen (Tilgungs-)zuschuss gelten die gleichen Höchstbeträge wie für die Fach- und Baubegleitung.

Tabelle 5-2: (Tilgungs-)zuschüsse im Rahmen der BEG NWG für den Neubau oder die Sanierung von Effizienzgebäuden. Die jeweils höheren Förderquoten können mit Einhaltung der EE-Klasse oder der Nachhaltigkeitsklasse erreicht werden.

| Effizienzgebäude | (Tilgungs-)zuschuss | |
|--------------------------|---------------------|---------------|
| | Neubau | Sanierung |
| Effizienzgebäude 40 | 20% / 22,5% | 45% / 50% |
| Effizienzgebäude 55 | 15% / 17,5% | 40% / 45% |
| Effizienzgebäude 70 | -- | 35% / 40% |
| Effizienzgebäude 100 | -- | 27,5% / 32,5% |
| Effizienzgebäude Denkmal | -- | 25% / 30% |

5.2 DIE KOMMUNALRICHTLINIE

Seit 2008 profitieren Kommunen von den in der „Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative“ (Kommunalrichtlinie) festgelegten Fördermöglichkeiten der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums.

Unterschieden werden strategische und investive Förderschwerpunkte. In Tabelle 5-3 wird ein Überblick über die Förderschwerpunkte und die grundsätzlichen Förderquoten für Kommunen, Kitas, Schulen, Jugendeinrichtungen, Hochschulen und Religionsgemeinschaften gegeben.⁵⁶

Finanzschwache Kommunen können eine vom Fördergegenstand abhängige um 5% bis 25% erhöhte Förderquote erhalten. Kitas, Schulen, Jugendwerkstätten, Einrichtungen der Kinder-

⁵⁵ Bei der Sanierung zum Effizienzgebäude muss die neue Heizungsanlage Bestandteil der Sanierung sein, um die Förderung zu erhalten.

⁵⁶ Details zu Förderungen von externen Dienstleistern zur Fokusberatung, Netzwerkmanagern, Sportvereinen, kulturellen Einrichtungen, Werkstätten für Menschen mit Behinderung, Aufgabenträger des öffentlichen Nahverkehrs, Unternehmen mit kommunalen Entsorgungsauftrag und öffentlich-rechtlich organisierten Wasserwirtschaftsverbänden sind nicht aufgeführt. Sie können der Kommunalrichtlinie entnommen werden.

und Jugendhilfe sowie Sportstätten erhalten in einigen investiven Förderschwerpunkten eine um 5% erhöhte Förderquote. Die Förderquote für Antragsstellende aus Braunkohlerevieren ist in allen Förderschwerpunkten um 15% erhöht.

Vom 1. August 2020 bis zum 31. Dezember 2021 werden im Zuge des Corona-Konjunkturpakets der Bundesregierung außerdem alle Förderquoten in der Richtlinie um jeweils 10% angehoben. Damit sind in diesem Zeitraum Zuschüsse bis zu 100% der Gesamtinvestition möglich.

Anträge können für alle Förderschwerpunkte ganzjährig eingereicht werden. Nach Einreichen des Antrags erhält der Antragsteller eine Eingangsbestätigung. Wenn der Antrag den Zuwendungsbedingungen entspricht und alle Fragen geklärt sind, erlässt der vom Bundesumweltministerium beauftragte Projektträger Jülich (PtJ) den Bewilligungsbescheid. Dieser gilt als Startschuss für die Projektumsetzung:

Vorher darf mit dem Vorhaben nicht begonnen werden; auch dürfen einzelne Leistungen noch nicht ausgeschrieben werden. Im Auftrag des Bundesumweltministeriums bietet das Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz (SK:KK) eine umfassende Beratung zur Kommunalrichtlinie und zu weiteren Fördermöglichkeiten im kommunalen Klimaschutz. Für Auskünfte zu einzelnen Projektanträgen steht der PtJ zur Verfügung.

Die Fördermittel der Kommunalrichtlinie können grundsätzlich mit anderen Fördermitteln (z.B. der Bundesländer) kumuliert werden, sofern beihilferechtliche Vorgaben (siehe Nummer 6.1 der Kommunalrichtlinie) dem nicht entgegenstehen. Zu beachten ist, dass Eigenmittel in Höhe von mindestens 15% (bzw. für Anträge bis zum 31.12.2021 5%) des Gesamtvolumens der zuwendungsfähigen Ausgaben eingebracht werden müssen.

Tabelle 5-3: Auszug und Überblick aus der Kommunalrichtlinie für mögliche Förderungen von Kommunen, Kitas, Schulen, Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen und Religionsgemeinschaften.

| Förderung | Kommunen ⁵⁷ | Kitas, Schulen, weitere Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen & Religionsgemeinschaften |
|---|------------------------|---|
| Strategische Förderschwerpunkte | | |
| Fokusberatung | 65% | 65% |
| Energie- & Umweltmanagementsysteme | 40% | 40% |
| Energiesparmodelle | 65% | 65% ⁵⁸ |
| Starterpaket für Energiesparmodelle | 50% | 50% ⁵⁸ |
| Potenzialstudien | 50% | 50% |
| Erstvorhaben Klimaschutzkonzept & -management | 65% | 65% ⁵⁹ |
| Anschlussvorhaben Klimaschutzmanagement | 40% | 40% ⁵⁹ |

⁵⁷ Gilt bis auf Energiesparmodelle und Starterpakete für Energiesparmodelle auch für Betriebe, Unternehmen und Einrichtungen mit mindestens 25% kommunaler Beteiligung.

⁵⁸ Nur für Kitas, Schulen und weitere Jugendeinrichtungen

⁵⁹ Nur für Hochschulen und Religionsgemeinschaften

| Förderung | Kommunen ⁵⁷ | Kitas, Schulen, weitere Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen & Religionsgemeinschaften |
|--|------------------------|---|
| Ausgewählte Maßnahmen aus Klimaschutzkonzept | 50% | 50% ⁵⁹ |
| Investive Förderschwerpunkte | | |
| Außen- & Straßenbeleuchtung | 20% | 20% |
| Straßenbeleuchtung adaptive Nutzung | 25% | -- |
| Beleuchtung für Lichtsignalanlagen | 20% | -- |
| Innen- & Hallenbeleuchtung | 25% | 25% |
| Raumlufttechnische Anlagen | 25% | 25% |
| Mobilitätsstationen | 40% | -- |
| Verbesserung des Radverkehrs | 40% | 40% |
| Radabstellanlagen (bahnhofsnahe) | 60% | 60% |
| Intelligente Verkehrssteuerung | 30% | -- |
| Sammlung Garten- & Grünabfällen | 40% | -- |
| Emissionsarme Verkehrssteuerung | 40% | -- |
| Siedlungsabfalldeponien | 50% | -- |
| Kläranlagen | 30% | -- |
| Trinkwasserversorgung: energieeffiziente Aggregate / systemische Optimierung | 30% / 20% | -- |
| Rechenzentren | 40% | 40% |
| Weitere investive Maßnahmen ⁶⁰ | 40% | 40% |

5.3 KLIMAANPASSUNG IN SOZIALEN EINRICHTUNGEN

Die 2020 gestartete Förderrichtlinie „Klimaanpassungen in sozialen Einrichtungen“ des Bundesumweltministeriums (BMU) richtet sich an Kommunen, gemeinnützige Vereinigungen

sowie Organisationen und Unternehmen, die im Gesundheits- und Sozialwesen tätig sind. Im Mittelpunkt stehen Konzepte und Maßnahmen, um soziale Einrichtungen gegen die Folgen des Klimawandels wie Hitze, Starkregen oder Hochwasser zu wappnen.

⁶⁰ Unter weitere investive Maßnahmen fällt u.a. die Anpassung oder der Rückbau ineffizienter zentraler Warmwassersysteme, der Austausch nicht regelbarer Pumpen (Schwimmbäder), der Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik in Verbindung mit einer Gebäudeleittechnik zur Gebäudeautomation, der Einbau außenliegender Verschattungsvorrichtungen (wenn dadurch eine aktive Kühlung verringert oder vermindert werden kann) sowie der Austausch von Elektrogeräten zur Erwärmung, Kühlung und Reinigung in Schul- und Lehrküchen, Fach- und Technikräumen sowie Kindertagesstätten.

In der Richtlinie werden drei wesentliche Förderschwerpunkte (FSP) unterschieden:

- ▶ FSP 1: Beratung und Erstellung von Konzepten zur Anpassung an den Klimawandel in sozialen Einrichtungen,
- ▶ FSP 2: Investive Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in sozialen Einrichtungen,
- ▶ FSP 3: Kampagnen und Weiterbildungsprogramme zur Sensibilisierung für den Umgang mit klimabedingten Belastungen im Bereich der Sozial- und Bildungsarbeit.

Es können mehrere Förderschwerpunkte gleichzeitig beantragt werden. Die Erstellung eines Anpassungskonzeptes (FSP 1) soll die Umsetzung von Maßnahmen (FSP 2) ermöglichen. Voraussetzung für die Beantragung von investiven Maßnahmen ist der Nachweis einer fachkundigen Beratung oder eines Anpassungskonzeptes.

Die jeweiligen Förderquoten sowie angestrebte Laufzeiten und Mindestsummen der Zuwendung sind Tabelle 5-4 zu entnehmen.

Förderfähige investive Maßnahmen an Gebäuden sind u.a.:⁶¹

- ▶ Verschattung am Gebäude (z.B. Jalousien, Markisen, Roll- und Fensterläden sowie statischer Sonnenschutz),
- ▶ Fenster mit Sonnen-/ Wärmeschutzverglasung und Mehrfachverglasung,
- ▶ Hitzereduzierung durch bauliche Veränderungen unter besonderer Berücksichtigung innovativer Baumaterialien (z.B. Schaffung heller Oberflächen zur Reflexion), Erhöhen der Bauteilmasse (z.B. Leichtbauwände mit Phasenwechselmaterialien), Wärmedämmung und /oder Freilegen von massiven Bauteilen,
- ▶ Befeuchtungsanlagen zur adiabatischen Kühlung von Außenanlagen,

- ▶ Dach- und Fassadenbegrünung am Gebäude.

Förderfähige investive Maßnahmen im Gebäude sind u.a.:

- ▶ Anlagen zur passiven Raumkühlung,
- ▶ Anlagen zur Belüftung oder Raumluftreinigung in medizinischen Einrichtungen,
- ▶ Errichtung von Cooling Centres für vulnerable Personengruppen,
- ▶ Nachrüstung einer Wärmerückgewinnung in bestehende raumlufttechnische Anlagen,
- ▶ Beschaffung von Kühlwesten und energieeffizienten Ventilatoren,
- ▶ Installation von leitungsgebundenen Trinkwasserspendern.

Des Weiteren können Maßnahmen im Umfeld von Gebäuden wie die Verschattung von Aufenthaltsbereichen, die Straßen- und Hofbegrünung, die Entsiegelung von Flächen oder die Schaffung von Verdunstungsflächen, klimaangepassten Multifunktionsflächen und Schutzbarrieren gegen eindringendes Wasser gefördert werden. Eine vollständige Ausführung ist der Förderrichtlinie zu entnehmen.

Anträge können während bestimmter Förderfenster gestellt werden. Das erste Förderfenster wurde im Dezember 2020 geschlossen. Das nächste Antragsfenster liegt voraussichtlich im Frühjahr 2022. Das Förderprogramm hat eine Laufzeit bis 2023.

Die Kumulierung mit anderen Förderprogrammen des Bundes ist ausgeschlossen. Die Kumulierung mit Drittmitteln oder Förderungen Dritter (z.B. Zuschussförderungen aus EU- oder Länderförderprogrammen) ist möglich, wenn dem keine beihilferechtlichen Vorgaben entgegenstehen und eine angemessene Eigenbeteiligung durch Eigenmittel erfolgt.

⁶¹ Voraussetzung ist, dass der Bauantrag für betreffende Gebäude vor dem 1.10.2007 gestellt wurde (gilt nicht für Dach- und Fassadenbegrünung)

Tabelle 5-4: Übersicht über Mindestsummen, Laufzeiten und Förderquoten der Förderschwerpunkte im Rahmen der Förderrichtlinie „Klimaanpassungen in sozialen Einrichtungen“

| | Förderschwerpunkt | | |
|---|------------------------------|--|-------------------|
| | FSP 1 | FSP 2 | FSP 3 |
| Mindestsumme der beantragten Zuwendung | 10.000 € | 5.000 € bzw. 50.000 € ⁶² | 20.000 € |
| Laufzeit Vorhaben / Abschluss des Vorhabens | 6 Monate / bis 01.07.2023 | 15 Monate / bis 01.07.2023 | Bis 01.07.2023 |
| Maximale Förderquoten | | | |
| Juristische Personen des öffentlichen Rechts mit nicht wirtschaftlicher Betätigung (insb. Kommunen) ⁶³ | 90% | 80% | 80% |
| Finanzschwache Kommunen & gemeinnützige Personen des Privatrechts (z.B. Wohlfahrtsverbände) | 90% | 90% | 90% |
| Juristische Personen des öffentlichen Rechts & des Privatrechts mit wirtschaftlicher Betätigung | 75% | 75% | 75% |
| Staatliche & staatlich anerkannte Hochschulen & öffentlich grundfinanzierte Forschungseinrichtungen | -- | -- | 85% |

5.4 BUNDESFÖRDERUNG ENERGIEBERATUNG FÜR NICHTWOHN- GEBÄUDE, ANLAGEN UND SYSTEME (EBN)

Das Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ ersetzt die Richtlinien „Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen und gemeinnützigen Organisationen“ und „Energieberatung im Mittelstand“.

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften
- ▶ Kommunale Zweckverbände nach dem jeweiligen Zweckverbandsrecht (ausschließlich inländische)
- ▶ Gemeinnützige Organisationen & Religionsgemeinschaften
- ▶ Soziale & gesundheitliche Einrichtungen
- ▶ Kultureinrichtungen
- ▶ Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit < 250 Beschäftigte &

Jahresumsatz < 50 Mio. € oder Jahresbilanzsumme < 43 Mio. €

- ▶ Nicht-KMU (Gesamtenergieverbrauch max. 500.000 kWh)

Die Förderung kann unter Umständen mit anderen Förderungen (z.B. der Länder) kumuliert werden. Die maximale Förderquote darf 90% jedoch nicht übersteigen.

Das Programm gliedert sich in drei Module.

5.4.1 Modul 1: Energieaudit

In Modul 1 werden Energieaudits gefördert. Durch diese können Informationen über bestehende Energieverbrauchsprofile von Gebäuden, Betriebsabläufen oder industriellen/gewerblichen Anlage ermittelt und Möglichkeiten für wirtschaftliche Energieeinsparungen dargestellt werden.

Die Förderung beträgt 80% des Beratungshonorars, jedoch bei jährlichen Energiekosten von mehr als 10.000 € max. 6.000 € und bei

⁶² Auf Grundlage einer einfachen Beratung bzw. auf Grundlage eines umfassenden Konzeptes

jährlichen Energiekosten von weniger als 10.000 € max. 1.200 €.

5.4.2 Modul 2: Energieberatung DIN 18599

In Modul 2 wird die Erstellung eines energetischen Sanierungskonzeptes für Nichtwohngebäude gefördert. Die Beratung kann entweder durch ein Konzept für eine Schritt für Schritt Sanierung mehrerer abgestimmter Maßnahmen (Sanierungsfahrplan) oder durch ein Konzept für eine umfassende Sanierung mit Ziel des Erreichens des Standards eines Energieeffizienzgebäudes des Bundes erfolgen. Eine Neubauberatung ist möglich, wenn das Ziel eines bundesgeförderten Effizienzhauses besteht.

Die Förderung beträgt 80% des förderfähigen Beratungshonorars, jedoch abhängig von der Grundfläche des Gebäudes max. 1.700 € für weniger als 200 m², max. 5.000 € von 200 m² bis 500 m² und max. 8.000 € für mehr als 500 m².

5.4.3 Modul 3: Contracting-Orientierungsberatung

In Modul 3 wird die Contracting-Orientierungsberatung mit Ziel eines Contracting- Modells mit vertraglicher Einspargarantie für geeignete Gebäude oder Gebäude-Pools gefördert.

Die Förderung beträgt 80% des Beratungshonorars, jedoch bei jährlichen Energiekosten von mehr als 300.000 € max. 10.000 € und bei jährlichen Energiekosten von weniger als 300.000 € max. 7.000 €.

5.5 WEITERE BUNDES-FÖRDER-PROGRAMME

5.5.1 Bundesförderung Corona-gerechte Um- und Aufrüstung von stationären raumluftechnischen Anlagen

Im Rahmen der „Bundesförderung Corona-gerechte Um- und Aufrüstung von stationären raumluftechnischen Anlagen“ werden Maßnahmen an bestehenden stationären, raumluftechnischen (RLT) Anlagen, die für die Zu- und Abführung sowie Verteilung der Luft mit einem im

Gebäude fest installierten Luftkanalsystem ausgestattet sind, gefördert, die dazu dienen, das Infektionsrisiko ausgehend von potenziell virus-beladenen Aerosolen durch unzureichende Lüftung in geschlossenen Räumen zu senken. Mindestens einer der über die Bestandsanlage versorgten Räume muss dabei regelmäßigen Personenansammlungen dienen und im Bestand mit einem Regelluftvolumenstrom von mindestens 400 m³/h versorgt werden.

Gefördert werden folgende Maßnahmen:

- ▶ Erwerb & Einbau von hochwertigen Filtern in bestehende Filterstufen zur Reinigung der Umluft (bis zu 3 vollständigen Filtersätzen),
- ▶ Maßnahmen zur Umluftvermeidung bzw. -reduzierung & zur Erhöhung des Frischluftanteils
- ▶ Maßnahmen zur Erhöhung der Frischluftzufuhr bei bestehenden reinen Zu-/ Abluftanlagen
- ▶ Umbauten an der RLT-Anlage zur Reinigung der Umluft durch Einbau infektionsschutzgerechter Filterstufen & Anlagen zur Luftdesinfektion
- ▶ Einbau von Steuerungs- und Regelungstechnik
- ▶ Erweiterung einer bestehenden RLT-Anlage durch nachträgliche Anbindung einzelner notwendiger Nebenräume
- ▶ Maßnahmen zur Optimierung der Lüftungsströmung in den Räumen, die von einer RLT-Anlage versorgt werden
- ▶ Erstellung eines Konzepts zur infektionsschutzgerechten Lüftung.

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Länder und Kommunen
- ▶ Unternehmen, Universitäten, Hochschulen, Träger öffentlicher Einrichtungen, institutionelle Zuwendungsempfänger (wenn diese min. zu 50% durch Bund, Länder oder Kommunen finanziert werden)
- ▶ Allgemein- & berufsbildende Schulen (nach 6b der Richtlinie),
- ▶ Medizinische Einrichtungen und Pflegeeinrichtungen (nach 6c/d der Richtlinie)

- ▶ Inklusionsbetriebe, Werkstätten, Einrichtungen der Behindertenhilfe, medizinische Behandlungszentren oder Blindenwerkstätten (nach 6e der Richtlinie)
- ▶ Tageseinrichtungen der Kinder- & Jugendhilfe (nach 6f der Richtlinie)

Gefördert werden die Investitionsausgaben sowie die Ausgaben für Planung und Montage in Höhe von bis zu 80% der förderfähigen Ausgaben. Das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen liegt bei Filtermaßnahmen sowie bei Maßnahmen zur Erhöhung des Frischluftanteils bzw. der Frischluftzufuhr bei 2.000 € und bei anderen förderfähigen Maßnahmen bei 5.000€. Die maximale Förderung beträgt 200.000 € pro RLT-Anlage.

5.5.2 BAFA: Kälte- und Klima-Anlagen

Das BAFA fördert im Rahmen der „Richtlinie zur Förderung von Kälte- und Klimaanlage mit nicht-halogenierten Kältemitteln in stationären und Fahrzeug-Anwendungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative“ (Kälte-Klima-Richtlinie) vom 27.08.2020 stationäre Kälte- und Klimaanlage sowie Fahrzeug-Klimaanlagen in Bussen und Schienenfahrzeugen, die mit nicht-halogenierten Kältemitteln betrieben werden.

Antragsberechtigt für stationäre Anlagen sind:

- ▶ Unternehmen
- ▶ Gemeinnützige Organisationen
- ▶ Kommunen
- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften
- ▶ Zweckverbände und Eigenbetriebe

- ▶ Hochschulen und Schulen
- ▶ Krankenhäuser
- ▶ Kirchliche Einrichtungen

Der Antragsteller muss entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem sich die Anlage befindet, oder ein vom Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks beauftragter Contractor sein.

Die Höhe der Förderung ist projektabhängig, beträgt jedoch maximal 50% der förderfähigen Kosten bzw. maximal 150.00 € pro Maßnahme.

5.5.3 Bundesförderung Wärmenetze 4.0

Die „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (Wärmenetzsysteme 4.0) fördert innovative Wärmenetzsysteme mit einem überwiegenden Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme. Die Förderung ist in vier Fördermodule gegliedert, die in Tabelle 5-5 dargestellt sind.

Antragsberechtigt für die Module I bis III sind:

- ▶ Unternehmen,
- ▶ Kommunen (wirtschaftlich tätig)
- ▶ kommunale Betriebe / Zweckverbände
- ▶ eingetragene Vereine / Genossenschaften

In Modul IV wird die wissenschaftliche Begleitung in Kooperation mit Antragstellern aus Modul II gefördert. Antragsberechtigt sind hierfür Einrichtungen für Forschung, Wissenschaft und Wissensverbreitung.

Die Antragsstellung für die Fördermodule kann bis zum 31.12.2022 gestellt werden.

Tabelle 5-5: Übersicht über die Bundesförderung Wärmenetze 4.0

| | Modul I | Modul II | Modul III | Modul IV |
|-------------------------|---|---|---|---|
| <i>Fördergegenstand</i> | <i>Machbarkeitsstudie</i> | <i>Realisierung</i> | <i>Informationsmaßnahmen</i> | <i>Capacity Building</i> |
| <i>Förderquote</i> | <i>bis 60%</i> <i>(max. 600.000 €)</i> | <i>bis 50%</i> <i>(max. 15 Mio. €)</i> | <i>bis 80%</i> <i>(max. 200.000 €)</i> | <i>bis 100%</i> <i>(max. 1 Mio. €)</i> |

5.5.4 KfW: Zuschuss Brennstoffzelle

Das KfW-Programm „Energieeffizientes Bauen und Sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle“ (433) fördert den Einbau von stationären Brennstoffzellen in neuen oder bestehenden Wohn- und Nichtwohngebäuden in den Leistungsklassen von 0,25 bis 5,0 kW. Gefördert werden Kosten für Brennstoffzellensysteme und deren Einbau, Vollwartungsverträge in den ersten 10 Jahren und Leistungen von Energieeffizienzexperten.

Der Zuschuss beträgt bis zu 40% der förderfähigen Gesamtkosten und abhängig von der elektrischen Leistung max. 34.300 € (6.800 € Grundbetrag plus 550 € je 100 Watt Leistung).

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Natürliche Personen
- ▶ Wohnungseigentümergeinschaften
- ▶ Freiberuflich Tätigen
- ▶ In- & ausländische Unternehmen
- ▶ Contracting-Geber
- ▶ Kommunen
- ▶ Kommunale Unternehmen & kommunalen Zweckverbände
- ▶ Körperschaften & Anstalten des öffentlichen Rechts, z.B. Kammern/Verbände
- ▶ Gemeinnützige Organisationen & Kirchen

Die Kombination mit weiteren Förderungen aus Mitteln des Bundes wie Krediten, Zulagen und Zuschüssen ist nicht möglich.

5.5.5 KfW: Erneuerbare Energien Premium

Im Rahmen der KfW-Förderung „Erneuerbare Energien Premium“ (271) werden Investitionen zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien im Rahmen eines Kredits mit Tilgungszuschuss gefördert.

Zu diesen gehören:

- ▶ Solarkollektoranlagen (> 40 m²)
- ▶ Große Anlagen zur Verbrennung fester Biomasse
- ▶ Wärmenetze
- ▶ Biogasleitungen (> 300 m)
- ▶ Wärmespeicher (> 10 m³)
- ▶ Effiziente Wärmepumpen (> 100 kW)

- ▶ KWK-Biomasse-Anlagen (> 100 kW)
- ▶ Anlagen für die Erschließung von Tieftengeothermie (> 400 m Bohrtiefe)

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Unternehmen
- ▶ Privatpersonen und Freiberufler
- ▶ Landwirte
- ▶ Kommunen und kommunale Gebietskörperschaften & Gemeindeverbände
- ▶ Gemeinnützige Antragssteller & Genossenschaften
- ▶ Contractoren

Die Förderung ist projektabhängig. Der Kreditbeitrag beträgt max. 25 Mio. €, der Tilgungszuschuss bis zu 50%.

Die Kombination mit anderen öffentlichen Fördermitteln ist unter Beachtung der beihilfrechtlichen Vorgaben möglich.

5.5.6 KfW: Energetische Stadtsanierung - Zuschuss

Mit der Förderung „Energetische Stadtsanierung – Zuschuss“ (432) werden Maßnahmen, mit denen die Energieeffizienz im Quartier erhöht wird gefördert. Dazu gehört die Erstellung eines Quartierskonzepten (Ausgangsanalyse, Erarbeitung konkreter Maßnahmen, Erfolgskontrolle, Zeitplan, Mobilisierung der Akteure, Information, Beratung und Öffentlichkeitsarbeit) sowie ein Sanierungsmanagement (Planung der Konzeptumsetzung, Aktivierung und Vernetzung von Akteuren, Koordination und Kontrolle der Maßnahmen, Ansprechpartner für Finanzierung und Förderungen). Die Förderung richtet sich an bestehende Quartiere (min. 20% Bestandsgebäude).

Antragsberechtigt sind kommunale Gebietskörperschaften und deren rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe. Die Zuschüsse können an privatwirtschaftliche oder gemeinnützige Akteure weitergegeben werden.

Der Zuschuss beträgt für Quartierskonzepte 75% der förderfähigen Kosten. Für das Sanierungsmanagement können Personal- und Sachkosten mit 75%, max. jedoch 210.000 € pro Quartier, gefördert werden. Bei einer

Verlängerung kann auf bis zu 350.000 € aufgestockt werden.

5.5.7 IKK: Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung

Mit der Förderung „Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung“ (201) werden nachhaltige Investitionen in die Energieeffizienz kommunaler Wärme-, Kälte-, Wasser- und Abwassersysteme im Quartier, Maßnahmen zur Anreizsetzung für die Nutzung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben und Investitionen in die Grüne Infrastruktur durch einen Kredit mit bis zu 40% Tilgungszuschuss gefördert.

Antragsberechtigt sind:

- ▶ Kommunale Gebietskörperschaften & deren rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe
- ▶ Gemeindeverbände (wie kommunale Zweckverbände)

Gefördert werden unter anderem (Auszug):

- ▶ Anlagen zur Nutzung industrieller Abwärme
- ▶ Gebäudeübergreifende Wärme- & Kältespeicher
- ▶ Wärme- & Kältenetze im Quartier
- ▶ KWK-Anlagen zur Nutzung von Klär-/Faulgasen & zugehörige Komponenten
- ▶ Anlagen zur Wärmeengewinnung in öffentlichen Kanalsystemen, z.B. Wärmepumpen & Wärmetauscher
- ▶ Begrünung von Dach- und Fassadenflächen von öffentlichen Verwaltungsgebäuden zur Regenwasserrückhaltung oder Kühlung durch Verdunstung

Eine Kombination mit anderen öffentlichen Fördermitteln ist möglich. Die Inanspruchnahme anderer Fördermittel des Bundes für dieselbe Maßnahme ist jedoch nicht zulässig.

6 ANHANG

6.1 SIMULATIONSERGEBNISSE

In den nachfolgenden Tabellen ist eine Übersicht über die Simulationsergebnisse der

verschiedenen Sanierungsvarianten sowie des Ausgangsfalls zu finden.

Tabelle 6-1: Übersicht der Simulationsergebnisse

| Parameter | Ausgangsfall | SV1: Wand sanieren | SV2: Fußboden sanieren | SV3: Dach sanieren | SV4: Fenster erneuern |
|---|--------------|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten [€] | -- | 44.118 | 33.565 | 43.635 | 17.527 |
| Nutzungsdauer [a] | -- | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Dynamische Amortisation [a] ⁶⁴ | -- | -- | 32 | 24 | 42 |
| Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh] | -- | 0,47 | 0,12 | 0,06 | 0,23 |
| Energiekosten im ersten Jahr [€/a] ⁶⁵ | 6.474 | 6.367 | 6.161 | 5.710 | 6.393 |
| Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a] | -- | 107 | 313 | 763 | 81 |
| prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%] | -- | 1,6 | 4,8 | 11,8 | 1,2 |
| jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a] | 105.420 | 103.527 | 99.861 | 91.758 | 103.914 |
| jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a] | -- | 1.893 | 5.559 | 13.663 | 1.507 |
| prozentuale Endenergieeinsparung [%] | -- | 1,8 | 5,3 | 13,0 | 1,4 |
| jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a] | 106.882 | 104.998 | 101.349 | 93.303 | 105.398 |
| jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a] | -- | 1.884 | 5.534 | 13.580 | 1.484 |
| prozentuale Primärenergieeinsparung [%] | -- | 1,8 | 5,2 | 12,7 | 1,4 |
| jährliche CO ₂ -Emissionen [kg/a] | 23.818 | 23.406 | 22.606 | 20.847 | 23.497 |

⁶⁴ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁶⁵ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

| Parameter | Ausgangsfall | SV1: Wand sanieren | SV2: Fußbo- den sanieren | SV3: Dach sanieren | SV4: Fenster erneuern |
|---|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| <i>jährliche CO₂-Vermeidung [kg/a]</i> | -- | 413 | 1.212 | 2.971 | 322 |
| <i>prozentuale CO₂-Vermeidung [%]</i> | -- | 1,7 | 5,1 | 12,5 | 1,4 |

Tabelle 6-2: Übersicht der Simulationsergebnisse

| Parameter | Ausgangsfall | SV5: LED Präsenzmel- der | SV6: Wärme- pumpe, Fuß- bodenhei- zung & PV | KfW-55 Standard | PV-Anlage |
|---|--------------|--------------------------------|--|--------------------|-----------|
| Energetisch bedingte Mehrkosten [€] | -- | 7.768 | 130.406 | 243.790 | 30.885 |
| Nutzungsdauer [a] | -- | 30 | 20 | 35 | 20 |
| Dynamische Amortisa- tion [a] ⁶⁶ | -- | 16 | 35 | 30 | 11 |
| Kosten/Nutzen-Fak- tor [€/kWh] | -- | -0,21 | 0,07 | 0,07 | 0,25 |
| Energiekosten im ers- ten Jahr [€/a] ⁶⁷ | 6.474 | 6.201 | 6.049 | 3.568 | 6.474 |
| Energiekosten inkl. Nutzerstrom im ersten Jahr [€/a] ⁶⁸ | 6.474 | -- | 4.167 | 1.686 | 4.592 |
| Energiekostenspar- nis im ersten Jahr [€/a] | -- | 273 | 2.306 | 4.787 | 1.882 |
| prozentuale Energie- kostensparnis im ersten Jahr [%] | -- | 4,2 | 35,6 | 74,0 | 29,1 |
| jährlicher Endenergie- bedarf [kWh/a] | 105.420 | 106.680 | 21.604 | 12.742 | 105.420 |
| jährlicher Endenergie- bedarf inkl. Nutzer- strom [kWh/a] ⁶⁸ | 105.420 | -- | 15.331 | 6.469 | 99.148 |
| jährliche Endenergie- einsparung [kWh/a] | -- | -1.260 | 90.089 | 98.951 | 6.273 |
| prozentuale Endener- gieeinsparung [%] | -- | -1,2 | 85,5 | 93,9 | 6,0 |
| jährlicher Primärener- giebedarf [kWh/a] | 106.882 | 106.901 | 29.497 | 13.455 | 101.711 |

⁶⁶ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁶⁷ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

⁶⁸ Im Rahmen der energetischen Untersuchung nach GEG wird für Nichtwohngebäude lediglich der Energiebedarf des Gebäudes betrachtet, kein Nutzerstrom. Für die Dimensionierung einer PV-Anlage ist die zusätzliche Berücksichtigung des Nutzerstroms jedoch sinnvoll. Daher ist für alle Varianten, die eine PV-Anlage enthalten, zusätzlich ein jährlicher Endenergiebedarf inklusive des abgeschätzten Nutzerstroms aufgeführt. Auf diesem basierend werden die Angaben zur dynamischen Amortisationszeit, dem Kosten/Nutzen-Faktor, der Primärenergie und der CO₂-Emissionen und den Energiekosten angepasst. Dieses Vorgehen weicht von den Vorgaben gemäß GEG §23 Abs 2 ab. Hier wird durch den Einsatz von PV-Strom der Endenergiebedarf nicht reduziert.

| Parameter | Ausgangsfall | SV5: LED Präsenzmelder | SV6: Wärme- pumpe, Fuß- bodenhei- zung & PV | KfW-55 Standard | PV-Anlage |
|--|---------------------|-----------------------------------|--|----------------------------|------------------|
| jährlicher Primärenergiebedarf inkl. Nutzerstrom [kWh/a] ⁶⁸ | 106.882 | | 29.497 | 13.455 | 101.711 |
| jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a] | -- | -19 | 77.385 | 93.427 | 5.172 |
| prozentuale Primärenergieeinsparung [%] | -- | 0,0 | 72,4 | 87,4 | 4,8 |
| jährliche CO ₂ -Emissionen [kg/a] | 23.818 | 23.568 | 9.177 | 4.186 | 23.100 |
| jährliche CO ₂ -Emissionen inkl. Nutzerstrom [kg/a] ⁶⁸ | 23.818 | | 9.177 | 4.186 | 20.306 |
| jährliche CO ₂ -Vermeidung [kg/a] | -- | 250 | 14.642 | 19.632 | 3.513 |
| prozentuale CO ₂ -Vermeidung [%] | -- | 1,0 | 61,5 | 82,4 | 14,7 |

6.2 BAUTEILLISTE

In den folgenden Abschnitten und Tabellen werden die für die Simulation angesetzten Bauteile

und Bauteilflächen der jeweiligen Zonen aufgeführt.

6.2.1 Zone Verkehrsfläche

Tabelle 6-3: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| AW Nord | 7,87 | 4,17 | 0,29 | 0,24 |
| Tür 1 | | 3,70 | 2,0 | 1,80 |
| Boden | 55,15 | 55,15 | 1,14 | 0,30 |
| Dach/Decke | 55,15 | 55,15 | 0,62 | 0,20 |
| Thermische Hüllfläche | | 118,17 | | |

6.2.2 Zone Lager/Technik/Archiv

Tabelle 6-4: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| AW Nord | 39,93 | 31,35 | 0,29 | 0,24 |
| 2.20*1.30 | | 8,58 | 1,3 | 1,30 |
| AW Ost | 29,93 | 27,07 | 0,29 | 0,24 |
| 2.20*1.30 | | 2,86 | 1,3 | 1,30 |
| AW Süd | 44,83 | 36,25 | 0,29 | 0,24 |
| 2.20*1.30 | | 8,58 | 1,3 | 1,30 |
| Boden | 137,46 | 137,46 | 1,14 | 0,30 |
| Dach/Decke | 137,46 | 137,46 | 0,62 | 0,20 |
| Thermische Hüllfläche | | 389,60 | | |

6.2.3 Zone Sonstige Aufenthaltsflächen

Tabelle 6-5: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|-------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| AW Nord | 40,19 | 30,24 | 0,29 | 0,24 |
| 2.20*1.30 | | 8,58 | 1,3 | 1,30 |
| 1.05*1.30 | | 1,37 | 1,3 | 1,30 |
| AW West | 29,53 | 25,37 | 0,29 | 0,24 |
| 1,60*1,30 | | 4,16 | 1,3 | 1,30 |
| AW Süd | 10,35 | 6,12 | 0,29 | 0,24 |
| 1.05*1.30 | | 1,37 | 1,3 | 1,30 |
| 2.20*1.30 | | 2,86 | 1,3 | 1,30 |
| Dach/Decke | 108,47 | 108,47 | 0,62 | 0,20 |

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Boden | 108,47 | 108,47 | 1,14 | 0,30 |
| Thermische Hüllfläche | | 297,00 | | |
| AW Nord | 40,19 | 30,24 | 0,29 | 0,24 |
| 2.20*1.30 | | 8,58 | 1,3 | 1,30 |
| 1.05*1.30 | | 1,37 | 1,3 | 1,30 |
| AW West | 29,53 | 25,37 | 0,29 | 0,24 |
| 1,60*1,30 | | 4,16 | 1,3 | 1,30 |

6.2.4 Zone Einzelbüro

Tabelle 6-6: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| AW Süd | 10,92 | 8,06 | 0,29 | 0,24 |
| 2.20*1.30 | | 2,86 | 1,3 | 1,30 |
| Dach/Decke | 16,09 | 16,09 | 0,62 | 0,20 |
| Boden | 16,09 | 16,09 | 1,14 | 0,30 |
| Thermische Hüllfläche | | 43,10 | | |

6.2.5 Zone Sanitär

Tabelle 6-7: Bauteile für die energetische Simulation der Zone

| Bezeichnung | Fläche [m ²] | Nettofläche [m ²] | U-Wert [W/(m ² K)] | zul. U-Wert [W/(m ² K)] |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| AW Süd | 12,54 | 9,81 | 0,29 | 0,24 |
| 1.05*1.30 WC | | 2,73 | 1,3 | 1,30 |
| Dach/Decke | 18,48 | 18,48 | 0,62 | 0,20 |
| Boden | 18,48 | 18,48 | 1,14 | 0,30 |
| Thermische Hüllfläche | | 49,50 | | |