

**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 Selmsdorf

Neue Reihe 23

23923 Selmsdorf

Energieberaterin:

M.Sc Klaus Reiß

K. Reiß

Schwerin, 09.11.2021

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	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	10
2.1	Zonierung.....	11
2.2	Verbrauch & Emissionen.....	12
2.3	Bedarfskennwerte.....	15
2.4	Energiebedarfe im Ist- und Referenzgebäude.....	15
2.5	Gebäudehülle	18
2.6	Anlagentechnik	21
2.7	Randbedingungen Ökonomie	24
3	Sanierungsvarianten	26
3.1	Übersicht Sanierungsvarianten.....	26
3.2	SV1: Fenster austauschen	27
3.3	SV2: Außenwand sanieren	29
3.4	SV3: Dach sanieren.....	31
3.5	SV4: Fußboden dämmen	33
3.6	SV5: LED-Beleuchtung.....	35
3.7	SV6: PV-Anlage	37
3.8	SV7: Wärmerückgewinnung	39
3.9	SV8: Wärmepumpe und Brennwertkessel.....	41
3.10	BEG-Effizienzhaus 100	44
3.11	BEG-Effizienzhaus 70.....	46
4	Fazit	48
5	Fördermittel	50
5.1	Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).....	50
5.2	Die Kommunalrichtlinie	52
5.3	Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen	54

5.4	Bundesförderung Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN)	56
5.5	Weitere Bundes-Förderprogramme	57
6	Anhang	61
6.1	Simulationsergebnisse	61
6.2	Bauteilliste	65

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 Selmsdorf* der Gemeinde Selmsdorf.

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 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 Energie-

verbrauchs- 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:

- ▶ Dach sanieren
- ▶ Außenwand sanieren
- ▶ Fenster austauschen
- ▶ Fußboden dämmen
- ▶ LED-Beleuchtung
- ▶ PV-Anlage
- ▶ Wärmerückgewinnung
- ▶ Wärmepumpe und Brennwertkessel

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			98.333	30.305	393.810
Maßnahmen	Energetische Mehrkosten ² [€]	Amortisation ³ [a]	CO ₂ -Einsparung [kg/a]	Einsparung Energiekosten [€/a]	Einsparung Endenergie [kWh/a]
SV1: Fenster austauschen	80.272	22	8.208 (8,3%)	2.043	38.510 (9,8%)
SV2: Außenwand sanieren	154.750	26	11.536 (11,7%)	3.015	52.452 (13,3%)
SV3: Dach sanieren	127.308	34	5.779 (5,9%)	1.517	26.205 (6,7%)
SV4: Fußboden dämmen	66.048	31	3.587 (3,6%)	945	16.219 (4,1%)
SV5: LED-Beleuchtung	36.811	8	6.651 (6,8%)	4.131	2.560 (0,7%)
SV6: PV-Anlage	41.538	14	23.180 (23,6%)	1.930	6.893 (1,8%)
SV7: Wärmerückgewinnung	77.350	18	10.389 (10,6%)	2.665	47.823 (12,1%)

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			98.333	30.305	393.810
Maßnahmen	Energetische Mehrkosten ² [€]	Amortisation ³ [a]	CO ₂ - Einsparung [kg/a]	Einsparung Energiekosten [€/a]	Einsparung Endenergie [kWh/a]
SV8: Wärmepumpe und Brennwertkessel	242.000	--	18.154 (18,5%)	-9.321	245.271 (62,3%)
BEG-Effizienzhaus 100	579.881		48.341 (49,2%)	5.727	299.698 (76,1%)
BEG-Effizienzhaus 70	784.539	40	59.456 (60,5%)	11.254	319.904 (81,2%)

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).

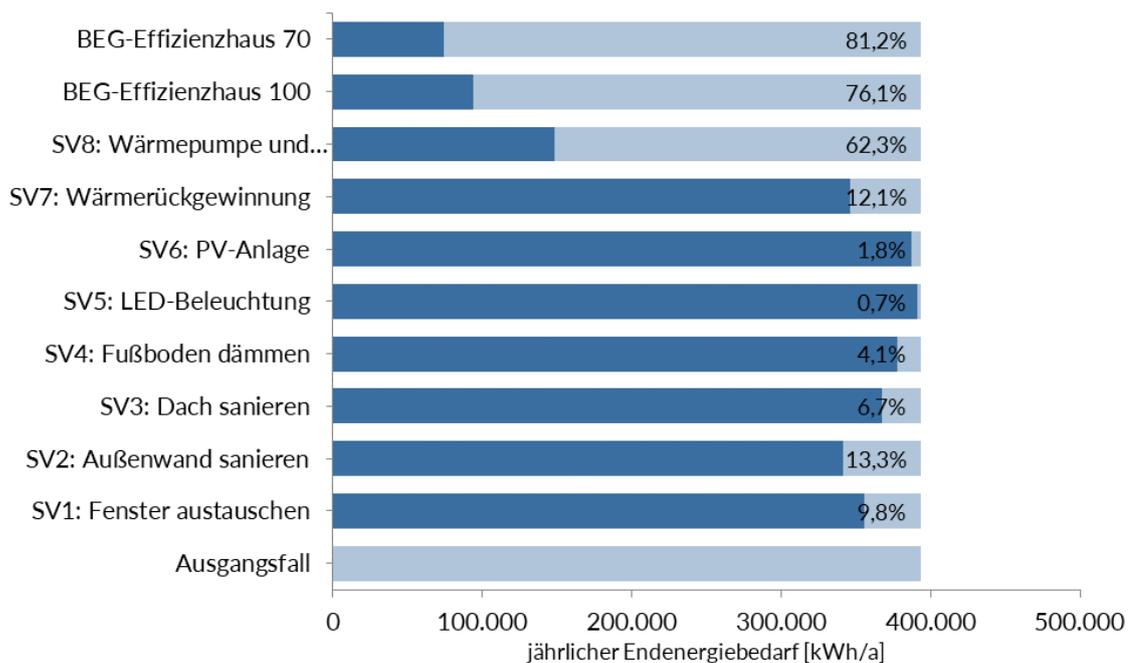


Abbildung 1-1: Endenergiebedarf und Einsparungen Endenergie im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kWh/a]

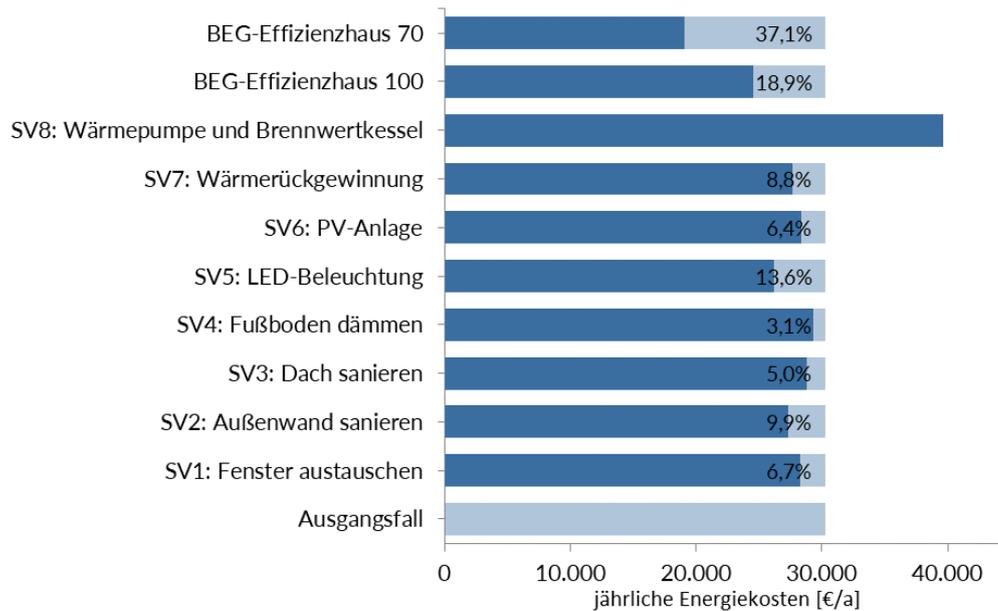


Abbildung 1-2: Energiekosten und Energiekosteneinsparungen im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [€/a]

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.

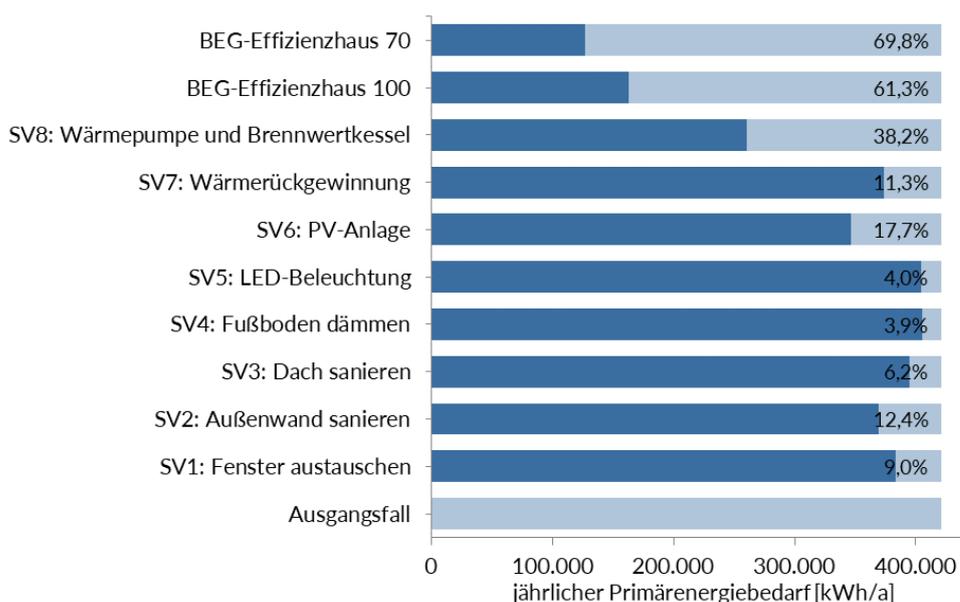


Abbildung 1-3: Primärenergiebedarf und Einsparung Primärenergiebedarf im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kWh/a]

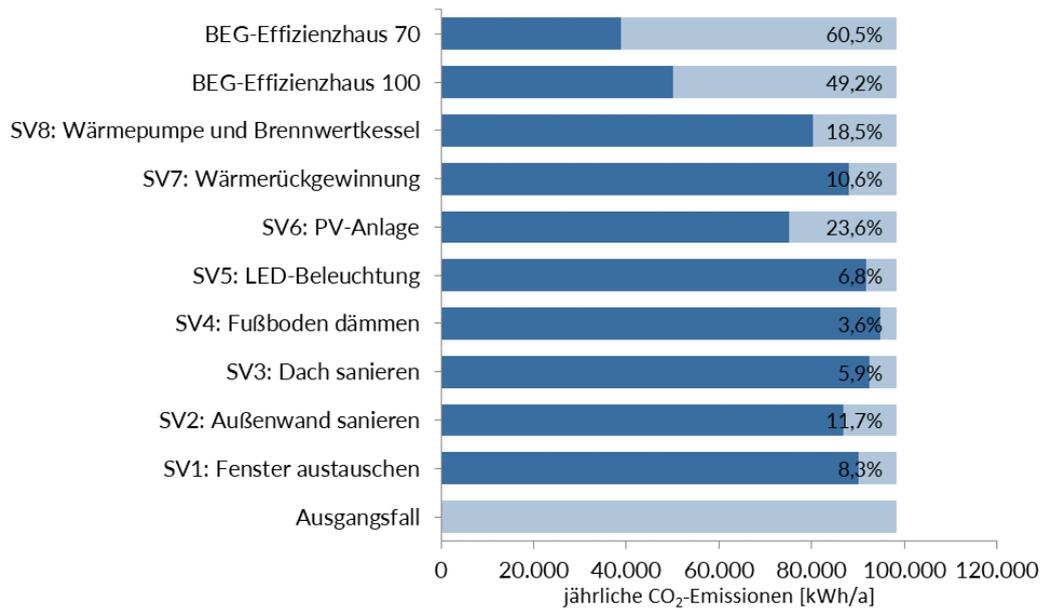


Abbildung 1-4: CO₂-Emissionen und Einsparungen CO₂-Emissionen im Ausgangsfall und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten [kg/a]

2 AUSGANGSSITUATION

Abbildung 2-1 zeigt ein Luftbild des untersuchten Gebäudes. Es handelt sich dabei um die Sporthalle der angrenzenden Außenstelle der Regionalen Schule mit Grundschule Dassow. Das Gebäude besteht aus der Turnhalle, sowie Lagerräume und Umkleide-, Sanitär- und Nebenflächen welche im Südwesten angrenzen.

Die Turnhalle wurde nach altem DDR-Standard aufgebaut und ist deshalb innen wie außen denkmalgeschützt.

Der Zustand der Turnhalle ist nicht gut. Im Dach befinden sich Leckagen, welche teilweise das

Wasser durch die Beleuchtungsanlagen in die Turnhalle leiten. Die Baukonstruktionen sind veraltet, genauso wie die Anlagentechnik. Die Turnhalle wird über einen Gas-Heizkessel aus dem Jahr 1991 beheizt, der das Ende seiner zu erwarteten Nutzungsdauer erreicht hat.

Die Turnhalle wird täglich innerhalb der Schulzeit, sowie darüber hinaus von Sportvereinen und für Veranstaltungen genutzt.

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	unbekannt
Baujahr des Wärmeerzeugers	1991
Gebäudevolumen netto [m ³]	5.907,4
Gebäudenutzfläche [A _{NGF}] [m ²]	1.055,2
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m ²]	3.135,6
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	Verkehrsflächen (19)	X		X			73,4	7,0
Zone 2	Sanitärräume (16)	X	X	X	X		70,9	6,7
Zone 3	Lager, Technik, Archiv (20)	X		X			131,6	12,5
Zone 4	Nebenflächen (18)	X		X			129,7	12,3
Zone 5	Turnhalle (31)	X		X	X		649,7	61,6

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

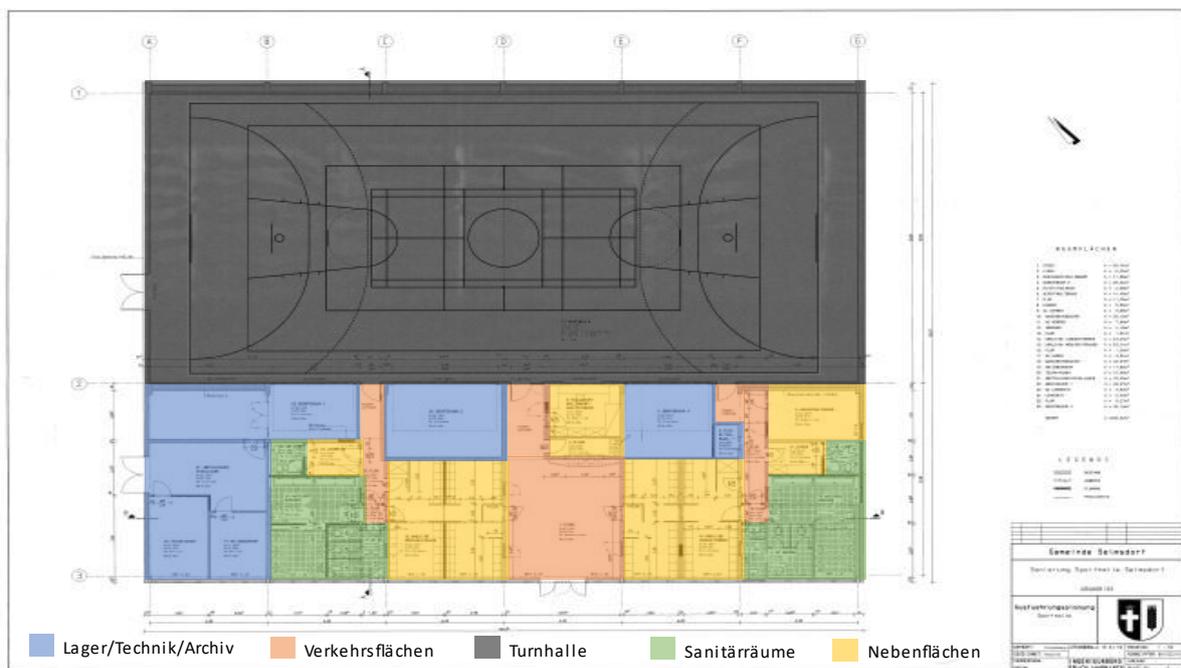


Abbildung 2-2: Zonierter Grundriss des untersuchten Gebäudes

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.

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.

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

Tabelle 2-3: Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

Jahr	Heizung (Erdgas) [kWh/a]	Klima- faktor ⁷ [-]	klimabereinigter Verbrauch [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Gesamtener- gieverbrauch [kWh/a]	Wasser [m ³ /a]
2017	119.000	1,09	129.710	11.664	141.374	548
2018	122.000	1,09	132.980	15.204	148.184	760
2019	98.711	1,11	109.569	20.662	130.231	585
Mittelwert:	113.237		124.086	15.843	139.930	631

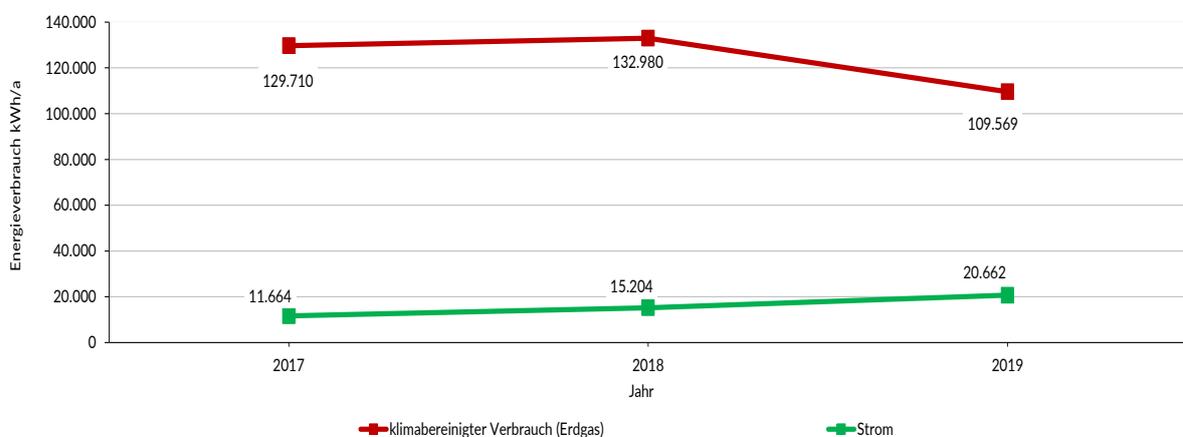


Abbildung 2-3: Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

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 (

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.

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		
Sporthallen		
in [kWh/m ² NGFa]		
Energieträger	Vergleichswert	Ist-Kennwert
Strom	35	15
Wärme	120	118

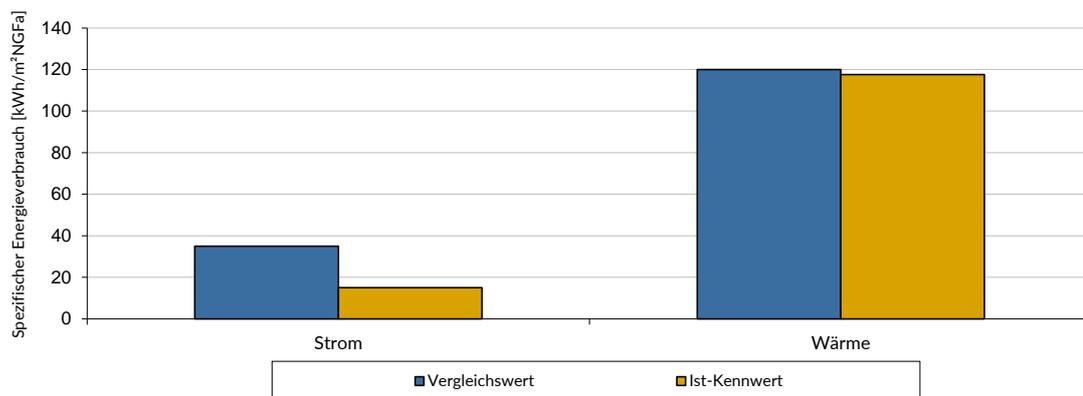


Abbildung 2-4: Vergleichs- und Ist-Kennwert des spezifischen Energieverbrauchs

2.2.2 CO₂-Emissionen

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

verbräuche werden die CO₂-Faktoren nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) verwendet. Es wurden die jährlichen Emissionen auf Grundlage des klimabereinigten durchschnittlichen Energieverbrauchs der Jahre 2017 bis 2019 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	113.237	27.177
Strom (netzbezogen)	560	15.843	8.872
Summe:		129.080	36.049

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)

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. Bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen ist dies 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 [kWh/(m ² _{NGF} *a)]
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/m ² a]	322,1
spez. Endenergiebedarf Trinkwarmwasser [kWh/m ² a]	17,53
spez. Endenergiebedarf Lüftung [kWh/m ² a]	9,45
Beleuchtungsstrom	24,13
Wärmeenergie (Heizung + Warmwasser)	339,63

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	208,69	220.218	79,29	83.674
Trinkwarmwasser	12,79	13.500	12,79	13.500
Beleuchtung	14,54	15.344	0,91	962
Gesamt	236,03	249.062	93,00	98.135

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	322,10	339.885	115,89	122.290
Trinkwarmwasser	17,53	18.494	7,68	8.109
Beleuchtung	24,13	25.462	10,50	11.075
Belüftung	9,45	9.969	6,06	6.394
Gesamt	373,20	393.810	140,13	147.869

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 Primär- energiebedarf	Ist-Gebäude		Referenzgebäude	
	spezifisch [kWh/(m ² a)]	absolut [kWh/a]	spezifisch [kWh/(m ² a)]	absolut [kWh/a]
Heizung	321,33	339.078	115,61	121.989
Trinkwarmwasser	17,47	18.436	7,88	8.318
Beleuchtung	43,43	45.831	18,89	19.935

Jährlicher Primärenergiebedarf	Ist-Gebäude		Referenzgebäude	
	spezifisch [kWh/(m ² a)]	absolut [kWh/a]	spezifisch [kWh/(m ² a)]	absolut [kWh/a]
Belüftung	17,01	17.945	10,91	11.509
Gesamt	399,24	421.290	153,29	161.752

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}	
			$T \geq 19^\circ\text{C}$	$12 < T < 19^\circ\text{C}$
Bodenplatte	Betonplatte ungedämmt	1,36	0,30	ohne
Turnhallenboden	Betonplatte mit Springboden	1,37	0,30	ohne
Außenwand	Mauerwerk mit Luftschicht 15cm	1,08	0,24	0,35
Außenwand NO Turnhalle	Mauerwerk mit Luftschicht 25cm	0,54	0,24	0,35
Dach	Sandwichelement NW 0,047	0,35	0,24	0,35
Fenster	Metallfenster Baualter 1984-1994	3,20	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	
		$T \geq 19^\circ\text{C}$	$T < 19^\circ\text{C}$
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

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 ≥ 19 °C [W/(m²K)]	T < 19 °C [W/(m²K)]	
	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	
Vorhangfassade (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 ≥ 19 °C beheizt werden, darf der über diese Zonen gemittelte Wärmedurchgangskoeffizient für die opaken Außenbauteile (\bar{U}_{opak}), die transparenten Außenbauteile ($\bar{U}_{\text{transparent}}$) 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 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-Heizkessel, welcher im Technikraum des untergebracht ist, mit Wärme versorgt. Die Umwälzpumpen innerhalb der Heizungsanlage sind unregelt. Die vorhandene Regelungstechnik entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik.

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.

Erzeuger	Niedertemperaturkessel
Baujahr	1991
Art des Erzeugers	Niedertemperaturkessel
Umgebung	Standardrandbedingungen unbeheizt
Energieträger	Erdgas H
Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	70,0/55,0
Kessel-Nennleistung [kW]	230 kW

2.6.2 Warmwasser

Die Sanitärräume und Duschen 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.

In dem untersuchten Gebäude erfolgt die Be- und Entlüftung in den Sanitärräumen und Turnhallen über eine unbeheizte und eine beheizte Lüftungsanlagen ohne Wärmerückgewinnung. In den übrigen Zonen erfolgt die Be- und Entlüftung über die vorhandenen Fenster und Türen.

¹⁴

2.6.4 Kältetechnik

Im Gebäude ist keine Kühlung vorhanden.

¹⁴ Firma ITGB, Begehung vom 22.07.2020 zum Gewerk Lüftung

2.6.5 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 elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) 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 2-15 aufgeführt.

Tabelle 2-15: Beleuchtungsbereiche im untersuchten Gebäude

Zone	Beleuchtungsbereich [m ²]						Präsenzerfassung [-]
	Glühlampe	KVG	EVG	Halogen	Energiesparlampe	LED	
Verkehrsflächen	--	73,4	--	--	--	--	--
Sanitärräume	--	--	70,85	--	--	--	--
Lager/Technik/Archiv	--	--	131,59	--	--	--	--
Nebenfläche ohne Aufenthalt	--	--	129,67	--	--	--	--
Turnhalle	--	--	649,71	--	--	--	--

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.

Eine Nutzung von Solarenergie für die Warmwasserunterstützung ist möglich. Allerdings werden die Duschen in der Sporthalle als primäre Warmwasserverbraucher in erster Linie nach Schulschluss von Sportvereinen genutzt. Daher bleibt die tagsüber erzeugte solare Wärmeenergie zu großen Teilen ungenutzt, weswegen diese Energieerzeugungsart bei dem vorliegenden Gebäude nicht detailliert betrachtet wird.

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 auf dem Dach 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)¹⁵ bestimmt. Die Nutzungsdauer anlagentechnischer Bestandteile bezieht sich auf die VDI-Richtlinie 2067¹⁶.

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

¹⁵ Zu finden unter <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/nutzungsdauern-von-bauteilen/>

¹⁶ VDI 2067 (2010) Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung

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.

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

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung ¹⁷ [%]	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

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.¹⁸ 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.

Tabelle 2-18: Angesezte jährliche Kosten für Wartung und Inspektion neuer Anlagentechnik

Kosten- gruppe	Beschreibung	Wartung & Inspektion in % der Herstellungskosten
KG 410	Abwasser-, Wasser-, Gas-, und Feuerlöschanlagen	1,99 %
KG 420	Wärmeversorgung	1,07 %
KG 430	Lufttechnische Anlagen	2,06 %
KG 440	Starkstromanlagen (u.a. Beleuchtung, PV-Anlagen)	1,30 %

¹⁷ Jährliche Preissteigerung, inflationsbereinigt

¹⁸ 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: Fenster austauschen
- ▶ SV2: Außenwand sanieren
- ▶ SV3: Dach sanieren
- ▶ SV4: Fußboden dämmen

- ▶ SV5: LED-Beleuchtung
- ▶ SV6: PV-Anlage
- ▶ SV7: Wärmerückgewinnung
- ▶ SV8: Wärmepumpe und Brennwertkessel
- ▶ BEG-Effizienzhaus 100
- ▶ BEG-Effizienzhaus 70

Anmerkung:

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

3.2 SV1: FENSTER AUSTAUSCHEN

Aufgrund des Alters und des energetisch schlechten 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. 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 3-1 aufgeführt.

Tabelle 3-1: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante¹⁹

Sanierungsvariante	SV1: Fenster austauschen	
	Wert	Einheit
Kenndaten		
Energetisch bedingte Mehrkosten	80.272	€
Energiekosten in der Ausgangssituation ²⁰	30.305	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	28.263	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	2.043	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	6,7	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ²⁰	393.810	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	373,2	kWh/(m ² _{NGF} *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	355.300	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	336,7	kWh/(m ² _{NGF} *a)
jährliche Endenergieeinsparung	38.510	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	9,8	%
jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{20 21}	98.333	kg/a
jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²¹	90.125	kg/a

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)

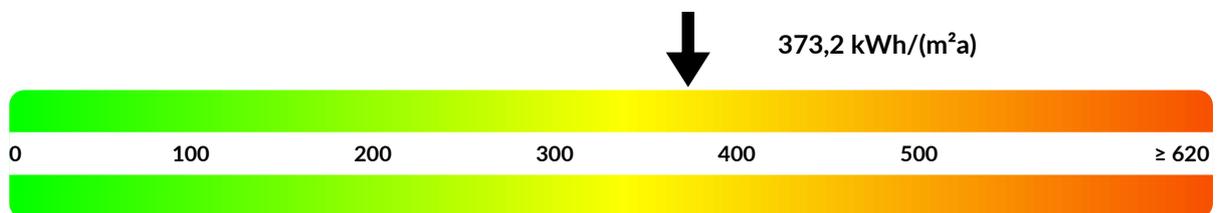
²¹ Emissionsfaktoren nach GEG

Sanierungsvariante

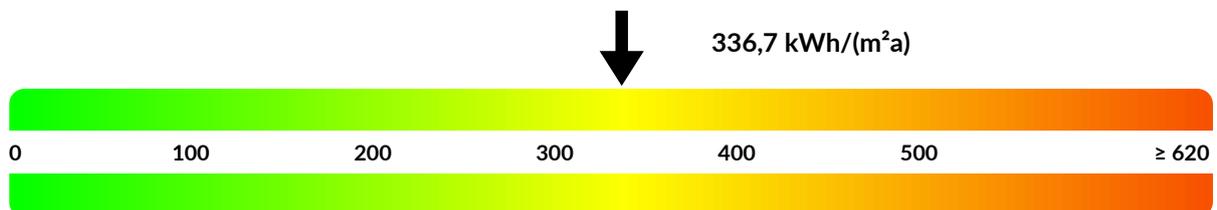
SV1: Fenster austauschen

Kenndaten	Wert	Einheit
jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²¹	8.208	kg/a
prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²¹	8,3	%
Nutzungsdauer	40	a
dynamische Amortisation	22	a
Kosten/Nutzen-Faktor ²²	0,05	€/kWh

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



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²² (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.3 SV2: AUßENWAND SANIEREN

Die bisher kaum gedämmten Außenwände werden in dieser Maßnahme nachträglich von außen gedämmt. Die Maßnahme wird als Wärmedämmverbundsystem ausgeführt.²³ Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Vorhandene Verblender oder Vorhangplatten 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 0,20 und für die Nordostaußenwand der Turnhalle 0,14 W/m²K berücksichtigt. Dieser wird mit einer Dämmdicke von 14 und 17 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).

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 Sanierungsvariante²⁴

Sanierungsvariante	SV2: Außenwand sanieren	
	Wert	Einheit
Energetisch bedingte Mehrkosten	154.750	€
Energiekosten in der Ausgangssituation ²⁵	30.305	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	27.290	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	3.015	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	9,9	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ²⁵	393.810	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	373,2	kWh/(m ² _{NGF} *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	341.358	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	323,4	kWh/(m ² _{NGF} *a)

²³ 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.

²⁴ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

²⁵ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

Sanierungsvariante

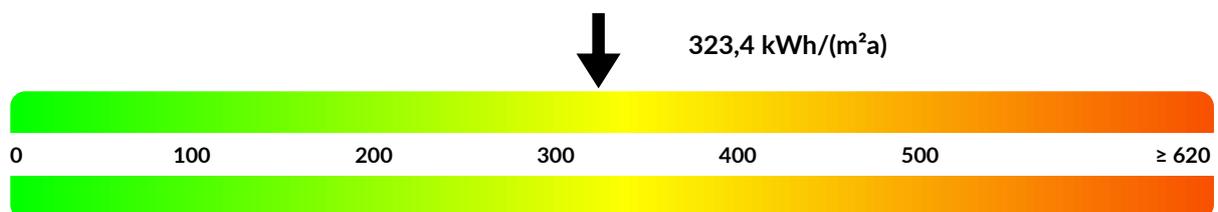
SV2: Außenwand sanieren

Kenndaten	Wert	Einheit
jährliche Endenergieeinsparung	52.452	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	13,3	%
jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{25 26}	98.333	kg/a
jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ²⁶	86.797	kg/a
jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁶	11.536	kg/a
prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ²⁶	11,7	%
Nutzungsdauer	50	a
dynamische Amortisation	26	a
Kosten/Nutzen-Faktor ²⁷	0,06	€/kWh

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



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



²⁶ Emissionsfaktoren nach GEG

²⁷ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.4 SV3: DACH SANIEREN

Das bisher kaum 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 19 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.

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

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

Tabelle 3-3: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante²⁸

Sanierungsvariante	SV3: Dach sanieren	
	Wert	Einheit
Kenndaten		
Energetisch bedingte Mehrkosten	127.308	€
Energiekosten in der Ausgangssituation ²⁹	30.305	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	28.788	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	1.517	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	5,0	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ²⁹	393.810	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	373,2	kWh/(m ² _{NGF} *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	367.605	kWh/a

²⁸ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

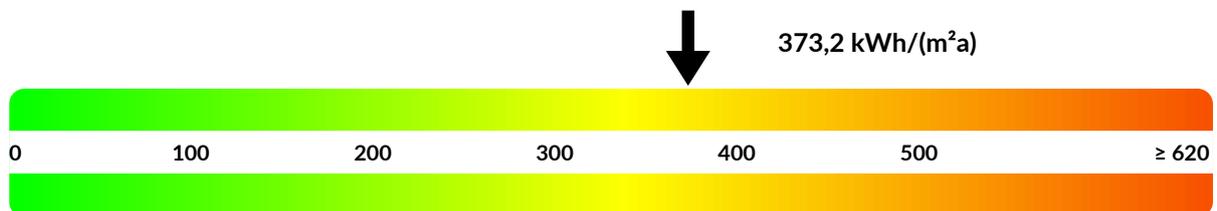
²⁹ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

Sanierungsvariante

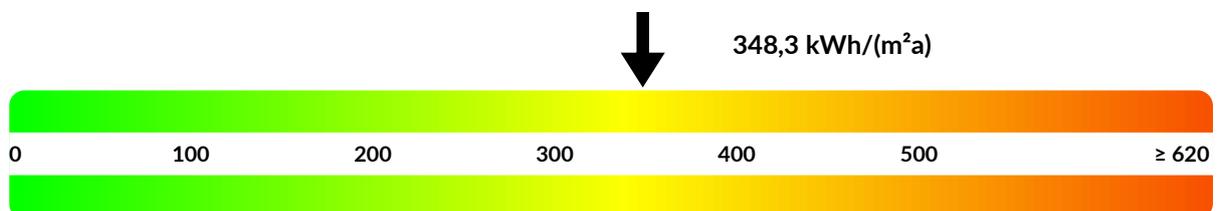
SV3: Dach sanieren

Kenndaten	Wert	Einheit
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	348,3	kWh/(m ² _{NGF} *a)
jährliche Endenergieeinsparung	26.205	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	6,7	%
jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{29 30}	98.333	kg/a
jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ³⁰	92.554	kg/a
jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁰	5.779	kg/a
prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁰	5,9	%
Nutzungsdauer	50	a
dynamische Amortisation	34	a
Kosten/Nutzen-Faktor ³¹	0,10	€/kWh

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



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



³⁰ Emissionsfaktoren nach GEG

³¹ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.5 SV4: FUßBODEN DÄMMEN

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 $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt. Dieser wird mit einer Dämmdicke von 11 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.³²

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 Sanierungsvariante³³

Sanierungsvariante	SV4: Fußboden dämmen	
	Wert	Einheit
<i>Energetisch bedingte Mehrkosten</i>	66.048	€
<i>Energiekosten in der Ausgangssituation³⁴</i>	30.305	€/a
<i>Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i>	29.360	€/a
<i>Energiekostensparnis im ersten Jahr</i>	945	€/a
<i>prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr</i>	3,1	%
<i>Endenergiebedarf in der Ausgangssituation³⁴</i>	393.810	kWh/a
<i>spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation</i>	373,2	kWh/(m ² _{NGF} *a)
<i>Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i>	377.591	kWh/a
<i>spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i>	357,8	kWh/(m ² _{NGF} *a)
<i>jährliche Endenergieeinsparung</i>	16.219	kWh/a
<i>prozentuale jährliche Endenergieeinsparung</i>	4,1	%

³² Diese Kosten sind nicht in der Maßnahme enthalten

³³ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

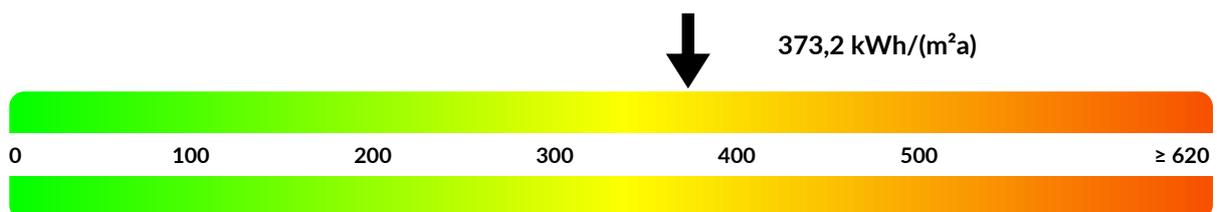
³⁴ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

Sanierungsvariante

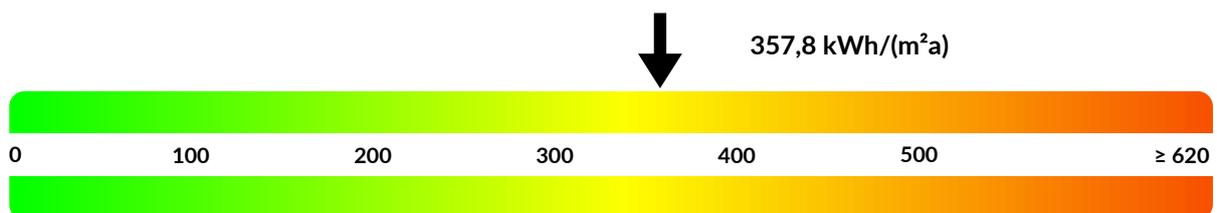
SV4: Fußboden dämmen

Kenndaten	Wert	Einheit
jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{34 35}	98.333	kg/a
jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ³⁵	94.747	kg/a
jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁵	3.587	kg/a
prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁵	3,6	%
Nutzungsdauer	50	a
dynamische Amortisation	31	a
Kosten/Nutzen-Faktor ³⁶	0,08	€/kWh

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



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



³⁵ Emissionsfaktoren nach GEG

³⁶ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

3.6 SV5: LED-BELEUCHTUNG

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

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

Tabelle 3-5: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante³⁷

Sanierungsvariante	SV5: LED-Beleuchtung	
	Wert	Einheit
Kenndaten		
Energetisch bedingte Mehrkosten	36.811	€
Energiekosten in der Ausgangssituation ³⁸	30.305	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	26.174	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	4.131	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	13,6	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ³⁸	393.810	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	373,2	kWh/(m ² _{NGF} *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	391.249	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	370,7	kWh/(m ² _{NGF} *a)
jährliche Endenergieeinsparung	2.560	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	0,7	%
jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{38 39}	98.333	kg/a
jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ³⁹	91.682	kg/a
jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁹	6.651	kg/a
prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ³⁹	6,8	%
Nutzungsdauer	40	a
dynamische Amortisation	8	a
Kosten/Nutzen-Faktor ⁴⁰	0,36	€/kWh

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

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

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

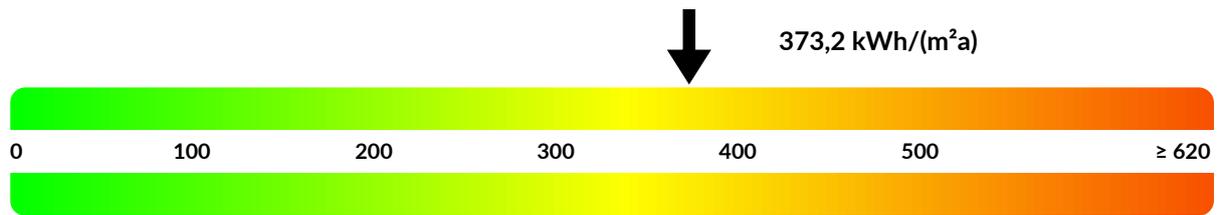
³⁷ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

³⁸ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

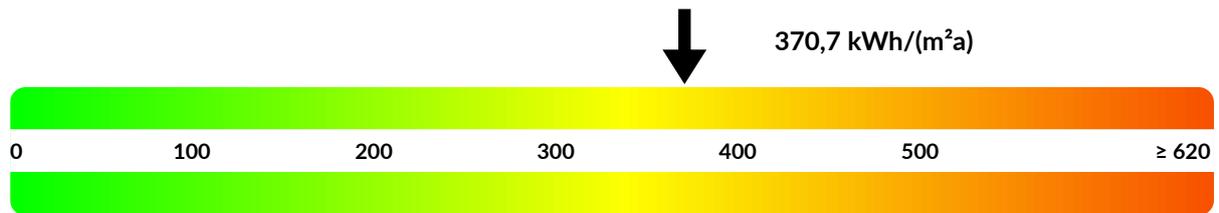
³⁹ Emissionsfaktoren nach GEG

⁴⁰ (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. 25%, 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. Die Tragfähigkeit des Daches muss vorher durch einen Sachverständigen geprüft werden.

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

Tabelle 3-6: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁴¹

Sanierungsvariante	SV6: PV-Anlage	
	Wert	Einheit
Kenndaten		
Energetisch bedingte Mehrkosten	41.538	€
Energiekosten in der Ausgangssituation ⁴²	30.305	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	28.375	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	1.930	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	6,4	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁴²	393.810	kWh/a
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	386.917	kWh/a
jährliche Endenergieeinsparung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	6.893	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	1,8	%
jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 43}	98.333	kg/a
jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 43}	75.153	kg/a

⁴¹ Alle Kostenangaben 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: PV-Anlage

Kenndaten	Wert	Einheit
jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 43}	23.180	kg/a
prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 43}	23,6	%
Nutzungsdauer	20	a
dynamische Amortisation ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	14	a
Kosten/Nutzen-Faktor ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 44}	0,30	€/kWh

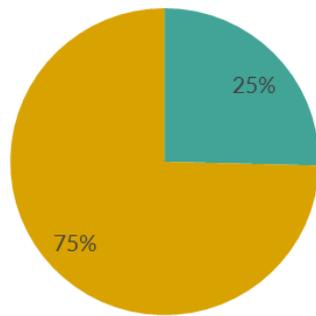
Gemäß GEG wird die PV-Anlage lediglich bei der Primärenergie und den CO₂-Emissionen gutgeschrieben. Außerdem wird im Rahmen der Bedarfsbetrachtung nur der Gebäudestrom berücksichtigt. Nutzerstrom, welcher anteilig ebenfalls durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, lässt sich nicht abbilden. Um eine Anlage 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	41.538	€
Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer)	38.353	kWh/a
Jahresertrag	27.138	kWh/a
Eigenverbrauch	6.893	kWh/a
Einspeisung	20.245	kWh/a
CO ₂ -Reduktion durch verringerten Netzbezug	3.860	kg/a
CO ₂ -Reduktion durch Verdrängung im Netz	11.337	kg/a

⁴⁴ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Eigenverbrauch und Einspeisung

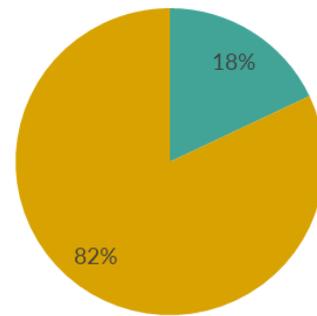
PV Ertrag: 27137,6655 kWh/a



■ Eigenversorgung ■ Einspeisung

Autarkiegrad

Strombedarf: 38353 kWh/a



■ Eigenversorgung ■ Netzdeckung

3.8 SV7: WÄRMERÜCKGEWINNUNG

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

Tabelle 3-7: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁴⁵

Sanierungsvariante	SV7: Wärmerückgewinnung	
	Wert	Einheit
<i>Energetisch bedingte Mehrkosten</i>	77.350	€
<i>Energiekosten in der Ausgangssituation⁴⁶</i>	30.305	€/a
<i>Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i>	27.641	€/a
<i>Energiekostensparnis im ersten Jahr</i>	2.665	€/a
<i>prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr</i>	8,8	%
<i>Endenergiebedarf in der Ausgangssituation⁴⁶</i>	393.810	kWh/a
<i>spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation</i>	373,2	kWh/(m ² _{NGF} *a)
<i>Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i>	345.987	kWh/a
<i>spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante</i>	327,8	kWh/(m ² _{NGF} *a)
<i>jährliche Endenergieeinsparung</i>	47.823	kWh/a
<i>prozentuale jährliche Endenergieeinsparung</i>	12,1	%
<i>jährliche CO_{2e}-Emissionen in der Ausgangssituation^{46 47}</i>	98.333	kg/a
<i>jährliche CO_{2e}-Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante⁴⁷</i>	87.944	kg/a
<i>jährliche CO_{2e}-Vermeidung⁴⁷</i>	10.389	kg/a
<i>prozentuale jährliche CO_{2e}-Vermeidung⁴⁷</i>	10,6	%
<i>Nutzungsdauer</i>	20	a
<i>dynamische Amortisation</i>	18	a
<i>Kosten/Nutzen-Faktor⁴⁸</i>	0,08	€/kWh

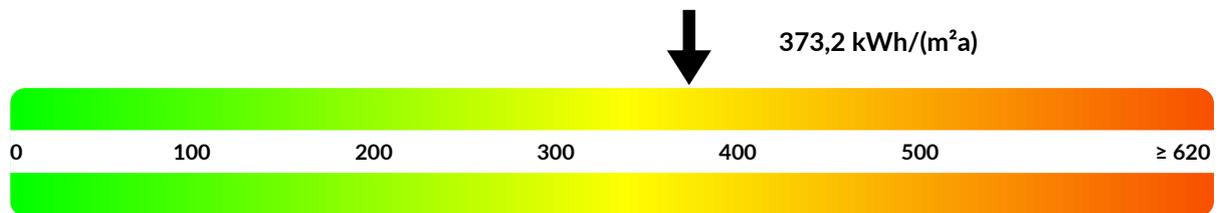
⁴⁵ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁴⁶ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

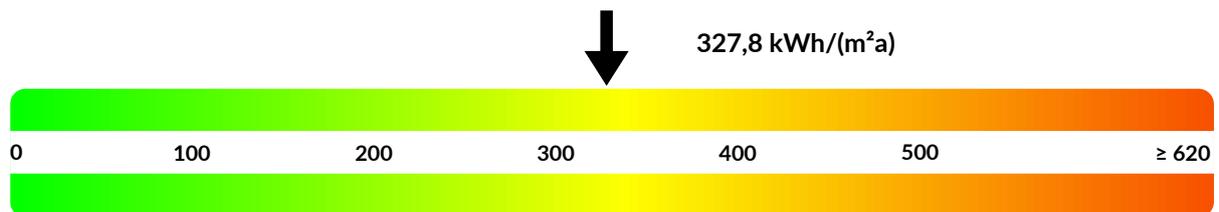
⁴⁷ Emissionsfaktoren nach GEG

⁴⁸ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

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



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



3.9 SV8: WÄRMEPUMPE UND BRENNWERTKESSEL

In dieser Variante wird der Einbau einer strombetriebenen Sole-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit einem modernen Brennwertkessel untersucht.

Im Gebiet des untersuchten Gebäudes besteht voraussichtlich eine gute geothermische Ergiebigkeit für Erdsonden und es liegt kein Wasserschutzgebiet vor.⁴⁹ Die notwendigen Bohrungen könnten im Bereich der Schulstraße oder zwischen Sporthalle und Schule sein. Eine Probebohrung ist in der Regel notwendig, um detaillierte Erkenntnisse zu erlangen und wurde in den Kosten der Maßnahme berücksichtigt.

Die untersuchte Wärmepumpe (112 kW) und der Heizkessel (112°kW) werden in der Simulation zur Erzeugung der Heizwärme und des Trinkwarmwassers genutzt. Wärmepumpen sind besonders dann sehr effizient, wenn niedrige Vorlauftemperaturen erreicht werden können und der Heizkessel unterstützt bei großem Heizbedarf oder hohen Vorlauftemperaturen.

Im Zuge dessen wird empfohlen die Wärmeverteilung zu optimieren und eine Fußbodenheizung einzubauen. Hierdurch kann die Jahresbetriebszeit der Wärmepumpe erhöht und Erdgas für den Heizkesselbetrieb eingespart werden.

Außerdem sollen die vorhandenen ineffizienten Heizungs- und Trinkwarmwasserpumpen gegen neue Effizienzpumpen getauscht und abschließend ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden. Mit dem hydraulischen Abgleich des

Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen erreichen. Das führt zu optimierten des Strömungsverlaufes des Heizungswassers, Minimierung der Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Strombedarfsseite positiv aus.

Aufgrund des Alters des vorhandenen Kessels und der Pumpen ist eine Erneuerung der Heizungsanlage in naher Zukunft notwendig, um einem Anlagenversagen vorzubeugen.

In der Simulation wurde der Betrieb des neuen Kessels mit Erdgas angesetzt. Vor dem Hintergrund der gesteckten Ziele der Stadt und der Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude, die im GEG verankert ist, sollte ein neuer Gaskessel, wenn möglich mit gasförmiger Biomasse betrieben werden, um die CO₂-Emissionen und den Primärenergiebedarf deutlich zu reduzieren.⁵⁰ Zu berücksichtigen ist jedoch, dass für Biogas mit erhöhten Energieträgerkosten im Vergleich zu Erdgas gerechnet werden muss.

Die aufgeführte Maßnahme dient insbesondere dem Vergleich zum direkten Einsatz erneuerbarer Energien für die Wärmeerzeugung in nachfolgenden Sanierungsvarianten

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

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in

Tabelle 3-8 aufgeführt.

⁴⁹ Nach Ministerium für Energie Infrastruktur und Entwicklung MV (zu finden unter <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/em/Energie/Geothermie/>)

⁵⁰ Der CO₂-Emissionsfaktor sinkt von 240 g/kWh (Erdgas) auf 140 g/kWh (Biogas) bzw. 75 g/kWh (gebäudenah erzeugtes Biogas) und der Primärenergiefaktor von 1,1 (Erdgas) auf 0,7 (Biogas) bzw. 0,3 (gebäudenah erzeugtes Biogas).

Tabelle 3-8: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁵¹

Sanierungsvariante	SV8: Wärmepumpe und Brennwertkessel	
	Wert	Einheit
Energetisch bedingte Mehrkosten	242.000	€
Energiekosten in der Ausgangssituation ⁵²	30.305	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	39.626	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	-9.321	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	-30,8	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁵²	393.810	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	373,2	kWh/(m ² _{NGF} *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	148.539	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	140,7	kWh/(m ² _{NGF} *a)
jährliche Endenergieeinsparung	245.271	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	62,3	%
jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{52 53}	98.333	kg/a
jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ⁵³	80.179	kg/a
jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁵³	18.154	kg/a
prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ⁵³	18,5	%
Nutzungsdauer	20	a
dynamische Amortisation	--	a
Kosten/Nutzen-Faktor ⁵⁴	0,05	€/kWh

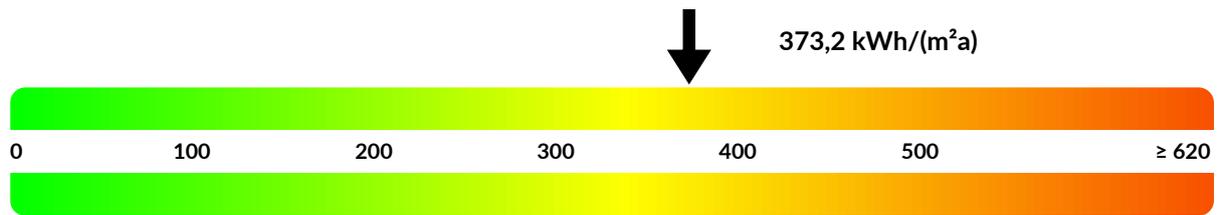
⁵¹ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁵² Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

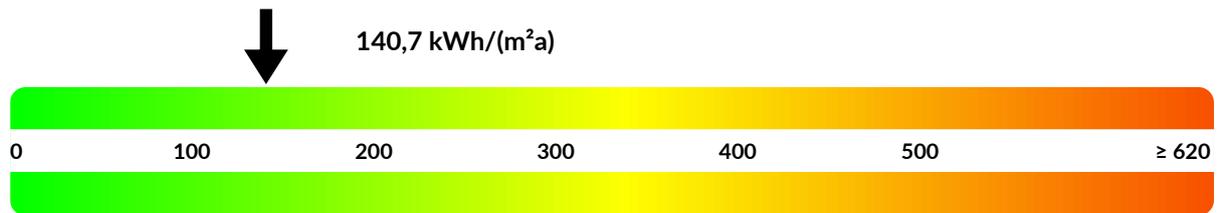
⁵³ Emissionsfaktoren nach GEG

⁵⁴ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

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



Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



3.10 BEG-EFFIZIENZHAUS 100

Um die Anforderungen an ein BEG-Effizienzgebäude 100 zu erfüllen, werden einige der verschiedenen untersuchten Einzelmaßnahmen in dieser Sanierungsvariante kombiniert.⁵⁵

Dazu gehören die Sanierung der Außenwände und des Fußbodens, sowie der Austausch der Fenster. Außerdem wird die Beleuchtung durch eine LED-Beleuchtung mit Präsenzmeldern und Tageslichtsensoren ersetzt, die Anlagentechnik durch eine Wärmepumpe in Kombination mit einem Brennwertkessel eingebaut 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 3-8 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.

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

Tabelle 3-9: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁵⁶

Sanierungsvariante	BEG-Effizienzhaus 100	
	Wert	Einheit
Kenndaten		
Energetisch bedingte Mehrkosten	579.881	€
Energiekosten in der Ausgangssituation ⁵⁷	30.305	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	24.578	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	5.727	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	18,9	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁵⁷	393.810	kWh/a
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	94.111	kWh/a
jährliche Endenergieeinsparung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	299.698	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	76,1	%
jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.} ⁵⁸	98.333	kg/a

⁵⁵ Details zu den Anforderungen sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführt, weitere Details zur Förderung in Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

⁵⁶ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁵⁷ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁵⁸ Emissionsfaktoren nach GEG

Sanierungsvariante

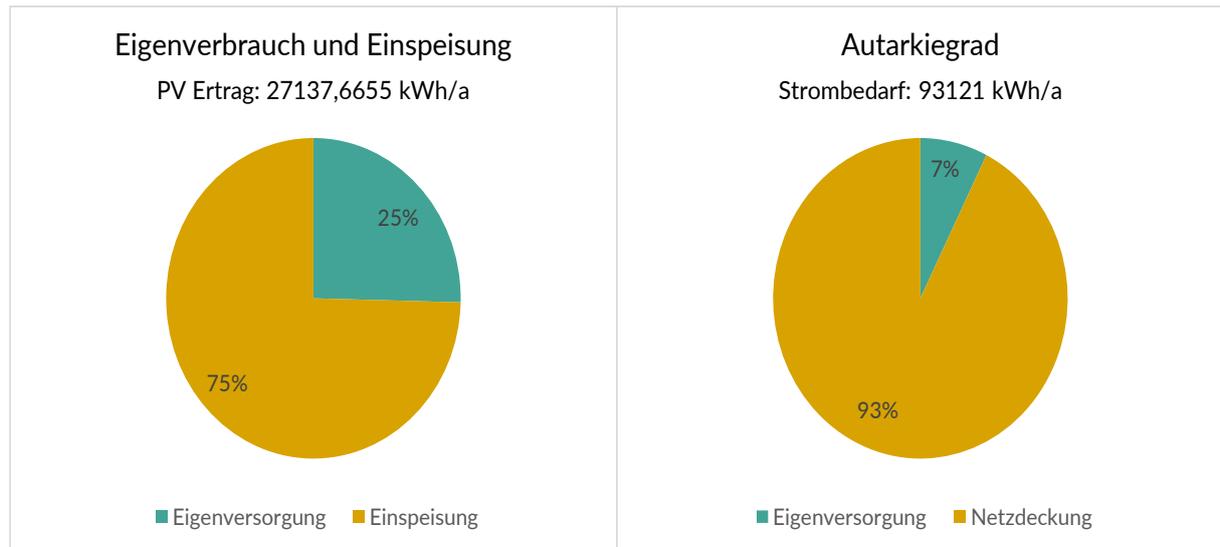
BEG-Effizienzhaus
100

Kenndaten	Wert	Einheit
jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 58}	49.992	kg/a
jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 58}	48.341	kg/a
prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 58}	49,2	%
Nutzungsdauer	35	a
dynamische Amortisation ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}		a
Kosten/Nutzen-Faktor ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 59}	0,06	€/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	579.881	€
Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer)	93.121	kWh/a
Jahresertrag	27.138	kWh/a
Eigenverbrauch	6.893	kWh/a
Einspeisung	20.245	kWh/a
CO ₂ -Reduktion durch verringerten Netzbezug	3.860	kg/a
CO ₂ -Reduktion durch Verdrängung im Netz	11.337	kg/a

⁵⁹ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung



3.11 BEG-EFFIZIENZHAUS 70

Um die Anforderungen an ein BEG-Effizienzgebäude 70 zu erfüllen, werden alle der verschiedenen untersuchten Einzelmaßnahmen in dieser Sanierungsvariante kombiniert.⁶⁰

Dazu gehören die Sanierung der Außenwände und des Fußbodens, sowie der Austausch der Fenster und die Erneuerung des Daches. Außerdem wird die Beleuchtung durch eine LED-Beleuchtung mit Präsenzmeldern und Tageslichtsensoren ersetzt, die Anlagentechnik durch eine Wärmepumpe in Kombination mit einem Brennwertkessel eingebaut, zusätzlich eine PV-Anlage auf dem Dach installiert, und die Nachrüstung einer Wärmerückgewinnung im Lüftungssystem. Details zu den kombinierten

Maßnahmen können den jeweiligen Beschreibungen entnommen werden.

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 70 nicht mehr förderfähig sind, sodass die Umsetzung dieser Kombinationsmaßnahme für eine Förderung kurzfristig durchgeführt werden müssten.

Die Berechnungsergebnisse der Simulation sind in Tabelle 3-10 aufgeführt.

Tabelle 3-10: Simulationsergebnisse der Sanierungsvariante⁶¹

Sanierungsvariante	BEG-Effizienzhaus 70	
	Wert	Einheit
Kenndaten		
Energetisch bedingte Mehrkosten	784.539	€
Energiekosten in der Ausgangssituation ⁶²	30.305	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	19.051	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	11.254	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	37,1	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation ⁶²	393.810	kWh/a
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	73.906	kWh/a
jährliche Endenergieeinsparung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	319.904	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	81,2	%
jährliche CO _{2e} -Emissionen in der Ausgangssituation ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.} ⁶³	98.333	kg/a

⁶⁰ Details zu den Anforderungen sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführt, weitere Details zur Förderung in Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

⁶¹ Alle Kostenangaben sind brutto. Die dynamische Amortisation bezieht sich auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁶² Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile)

⁶³ Emissionsfaktoren nach GEG

Sanierungsvariante

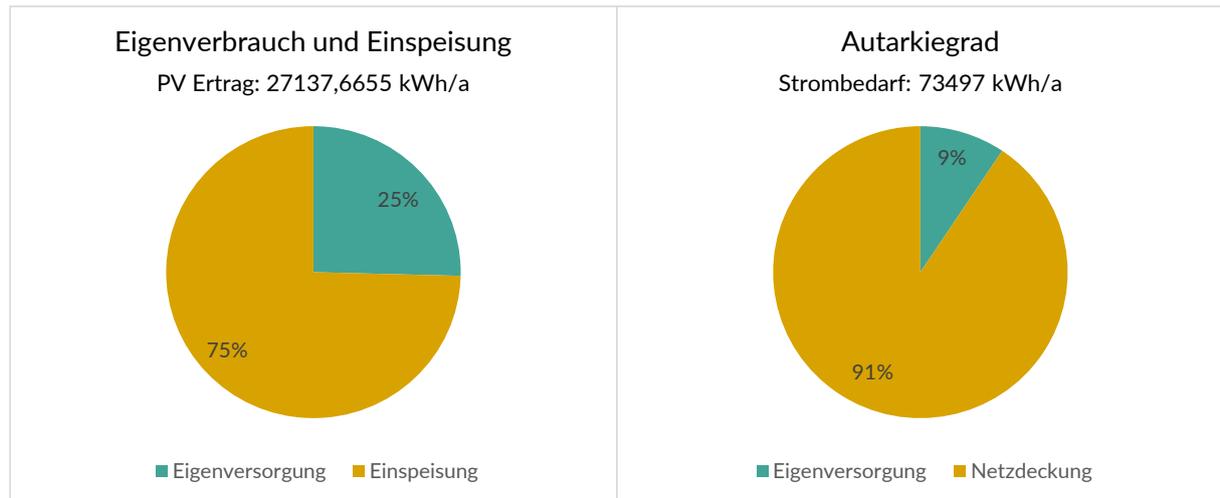
BEG-Effizienzhaus
70

Kenndaten	Wert	Einheit
jährliche CO _{2e} -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 63}	38.877	kg/a
jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 63}	59.456	kg/a
prozentuale jährliche CO _{2e} -Vermeidung ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 63}	60,5	%
Nutzungsdauer	35	a
dynamische Amortisation ^{Fehler! Textmarke nicht definiert.}	40	a
Kosten/Nutzen-Faktor ^{Fehler! Textmarke nicht definiert. 64}	0,07	€/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	784.539	€
Jährlicher Strombedarf (Gebäude & Nutzer)	73.497	kWh/a
Jahresertrag	27.138	kWh/a
Eigenverbrauch	6.893	kWh/a
Einspeisung	20.245	kWh/a
CO ₂ -Reduktion durch verringerten Netzbezug	3.860	kg/a
CO ₂ -Reduktion durch Verdrängung im Netz	11.337	kg/a

⁶⁴ (energetisch bedingte Kosten/Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung



4 FAZIT

Für die Sporthalle in Selmsdorf wird die **Sanierungsvariante BEG-Effizienzhaus 70** (Umsetzung aller Einzelmaßnahmen) empfohlen. Für die Maßnahmen sind Investitionen (Gesamtkosten) von ca. 784.539 € brutto erforderlich, wodurch jährlich etwa 11.254 € (37,1%) an Energiekosten eingespart werden können.

Außerdem führt die Umsetzung zu jährlichen CO₂-Einsparungen von etwa 59.456 kg/a (ca.

60,5%) und senkt den Primärenergiebedarf jährlich um ungefähr 294.167 kWh/a (69,8%) auf 127.123 kWh/a.

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

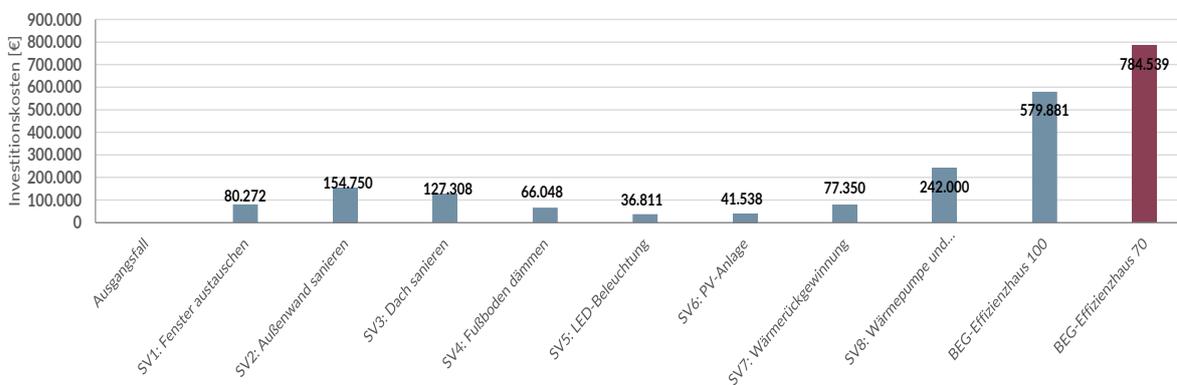


Abbildung 4-1: Investitionskosten der untersuchten Sanierungsvarianten

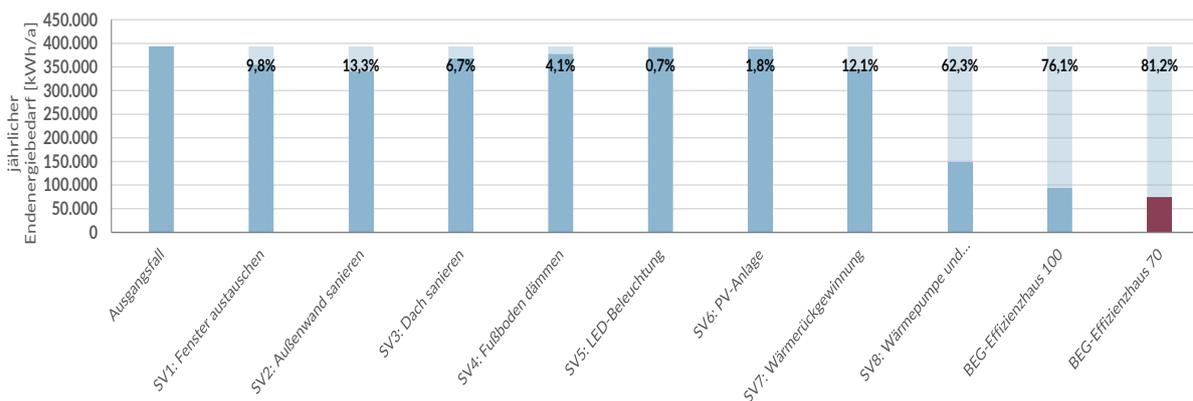


Abbildung 4-2: Jährlicher Endenergiebedarf im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Einsparung an Endenergie

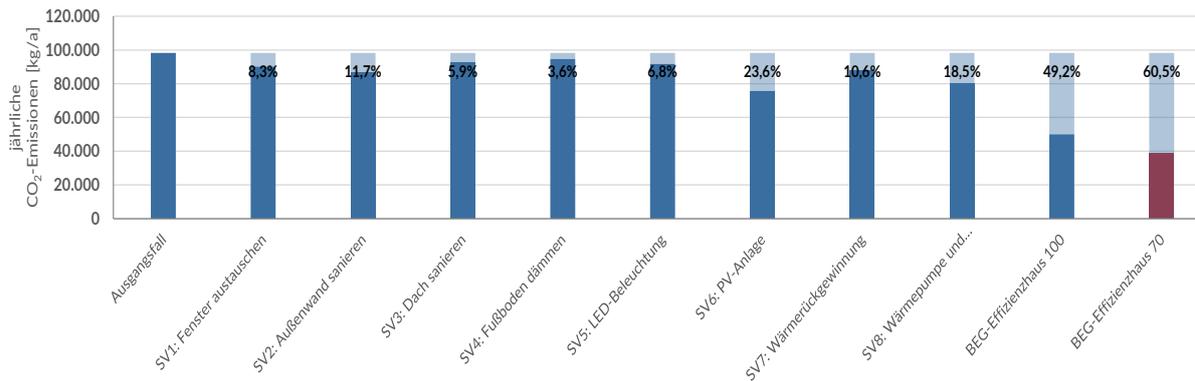


Abbildung 4-3: Jährliche CO₂-Emissionen im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Einsparung an CO₂-Emissionen

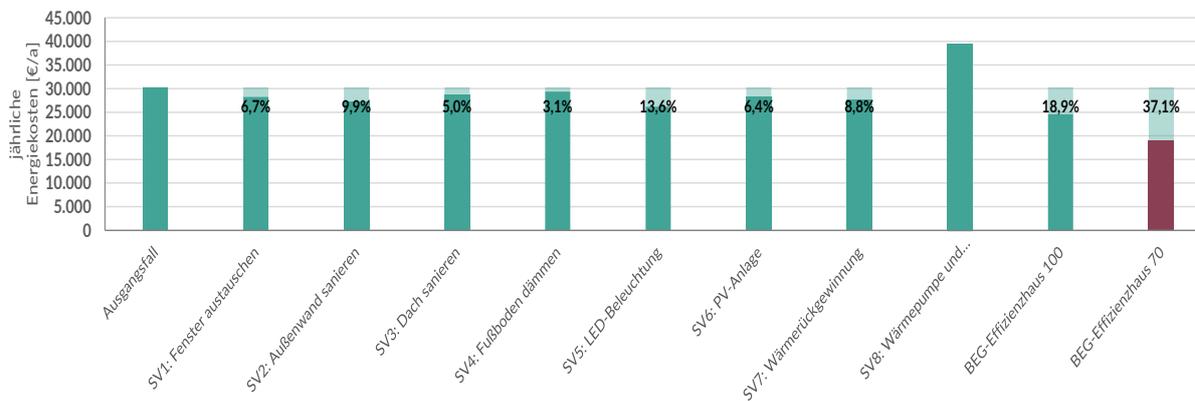


Abbildung 4-4: Jährliche Energiekosten im Ist-Zustand und nach Umsetzung der Sanierungsvarianten sowie prozentuale jährliche Energiekosteneinsparungen

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% ⁶⁵
	Solarthermieanlagen	30%
	Wärmepumpe; Biomasseanlagen; innovative Heizanlagen auf EE-Basis; EE-Hybridheizungen	35% ⁶⁵
	Anschluss an Gebäude-/Wärmenetz	
	Min. 25% EE	30% ⁶⁵
Min. 55% EE	35% ⁶⁵	
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

⁶⁵ 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.⁶⁶ 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.⁶⁷

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

⁶⁶ Bei der Sanierung zum Effizienzgebäude muss die neue Heizungsanlage Bestandteil der Sanierung sein, um die Förderung zu erhalten.

⁶⁷ 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 Wasserversorgungsverbänden 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.

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

Förderung	Kommunen ⁶⁸	Kitas, Schulen, weitere Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen & Religionsgemeinschaften
Strategische Förderschwerpunkte		
Fokusberatung	65%	65%
Energie- & Umweltmanagementsysteme	40%	40%
Energiesparmodelle	65%	65% ⁶⁹
Starterpaket für Energiesparmodelle	50%	50% ⁶⁹
Potenzialstudien	50%	50%
Erstvorhaben Klimaschutzkonzept & -management	65%	65% ⁷⁰
Anschlussvorhaben Klimaschutzmanagement	40%	40% ⁷⁰

⁶⁸ Gilt bis auf Energiesparmodelle und Starterpakete für Energiesparmodelle auch für Betriebe, Unternehmen und Einrichtungen mit mindestens 25% kommunaler Beteiligung.

⁶⁹ Nur für Kitas, Schulen und weitere Jugendeinrichtungen

⁷⁰ Nur für Hochschulen und Religionsgemeinschaften

Förderung	Kommunen ⁶⁸	Kitas, Schulen, weitere Jugendeinrichtungen sowie Hochschulen & Religionsgemeinschaften
Ausgewählte Maßnahmen aus Klimaschutzkonzept	50%	50% ⁷⁰
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 ⁷¹	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.

⁷¹ 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.:⁷²

- ▶ 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.

⁷² 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 € ⁷³	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) ⁷⁴	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

⁷³ 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 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 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

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: Fenster austauschen	SV2: Außenwand sanieren	SV3: Dach sanieren	SV4: Fußboden dämmen	SV5: LED-Beleuchtung
Energetisch bedingte Mehrkosten [€]	--	80.272	154.750	127.308	66.048	36.811
Nutzungsdauer [a]	--	40	50	50	50	40
Dynamische Amortisation [a] ⁷⁵	--	22	26	34	31	8
Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh]	--	0,05	0,06	0,10	0,08	0,36
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] ⁷⁶	30.305	28.263	27.290	28.788	29.360	26.174
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	--	2.043	3.015	1.517	945	4.131
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	--	6,7	9,9	5,0	3,1	13,6
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	393.810	355.300	341.358	367.605	377.591	391.249
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	--	38.510	52.452	26.205	16.219	2.560
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	--	9,8	13,3	6,7	4,1	0,7
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	421.290	383.405	368.852	395.055	405.030	404.404
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	--	37.885	52.438	26.236	16.261	16.886
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	--	9,0	12,4	6,2	3,9	4,0
jährliche CO ₂ -Emissionen [kg/a]	98.333	90.125	86.797	92.554	94.747	91.682

⁷⁵ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁷⁶ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

Parameter	Ausgangsfall	SV1: Fenster austauschen	SV2: Außenwand sanieren	SV3: Dach sanieren	SV4: Fußboden dämmen	SV5: LED-Beleuchtung
jährliche CO ₂ -Vermeidung [kg/a]	--	8.208	11.536	5.779	3.587	6.651
prozentuale CO ₂ -Vermeidung [%]	--	8,3	11,7	5,9	3,6	6,8

Tabelle 6-2: Übersicht der Simulationsergebnisse

Parameter	Ausgangsfall	SV6: PV-Anlage	SV7: Wärmerückgewinnung	SV8: Wärmepumpe und Brennwertkessel	BEG-Effizienzhaus 100	BEG-Effizienzhaus 70
Energetisch bedingte Mehrkosten [€]	--	41.538	77.350	242.000	579.881	784.539
Nutzungsdauer [a]	--	20	20	20	35	35
Dynamische Amortisation [a] ⁷⁷	--	14	18	--		40
Kosten/Nutzen-Faktor [€/kWh]	--	0,30	0,08	0,05	0,06	0,07
Energiekosten im ersten Jahr [€/a] ⁷⁸	30.305	30.305	27.641	39.626	26.508	20.981
Energiekosten inkl. Nutzerstrom im ersten Jahr [€/a] ⁷⁹	30.305	28.375	--	--	24.578	19.051
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	--	1.930	2.665	-9.321	5.727	11.254
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	--	6,4	8,8	-30,8	18,9	37,1
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	393.810	393.810	345.987	148.539	101.004	80.799
jährlicher Endenergiebedarf inkl. Nutzerstrom [kWh/a] ⁷⁹	393.810	386.917	--	--	94.111	73.906
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	--	6.893	47.823	245.271	299.698	319.904
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	--	1,8	12,1	62,3	76,1	81,2

⁷⁷ Bezogen auf die energetisch bedingten Mehrkosten

⁷⁸ Bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

⁷⁹ 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	SV6: PV-Anlage	SV7: Wärmerückgewinnung	SV8: Wärmepumpe und Brennwertkessel	BEG-Effizienzhaus 100	BEG-Effizienzhaus 70
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	421.290	389.988	373.782	260.304	140.242	104.342
jährlicher Primärenergiebedarf inkl. Nutzerstrom [kWh/a] ⁷⁹	421.290	346.783			163.023	127.123
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	--	74.507	47.508	160.986	258.267	294.167
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	--	17,7	11,3	38,2	61,3	69,8
jährliche CO ₂ -Emissionen [kg/a]	98.333	93.565	87.944	80.179	43.348	32.304
jährliche CO ₂ -Emissionen inkl. Nutzerstrom [kg/a] ⁷⁹	98.333	75.153			49.992	38.877
jährliche CO ₂ -Vermeidung [kg/a]	--	23.180	10.389	18.154	48.341	59.456
prozentuale CO ₂ -Vermeidung [%]	--	23,6	10,6	18,5	49,2	60,5

Tabelle 6-3: Übersicht der Simulationsergebnisse

Tabelle 6-4: Übersicht der Simulationsergebnisse

Tabelle 6-5: 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 Verkehrsflächen

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 SW	19,50	10,77	1,08	0,24
Außenfenster		3,56	3,2	1,30
Eingangstür		5,17	2,0	1,80
Decke	82,82	82,82	0,35	0,20
Boden anderer Bereich	82,82	82,82	1,37	0,30
Thermische Hüllfläche		185,14		

6.2.2 Zone Sanitärräume

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 SW	39,81	32,68	1,08	0,24
Außenfenster		7,13	3,2	1,30
Außenwand SO	28,54	25,68	1,08	0,24
Außenfenster		2,85	3,2	1,30
Decke	86,16	86,16	0,35	0,20
Boden anderer Bereich	86,16	86,16	1,37	0,30
Thermische Hüllfläche		240,67		

6.2.3 Zone Lager/Technik/Archiv

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)]
Außenwand NW	39,55	39,55	1,08	0,24
Außenwand SW	20,87	17,30	1,08	0,24
Außenfenster		3,56	3,2	1,30
Decke	148,49	148,49	0,35	0,20
Boden anderer Bereich	148,49	148,49	1,37	0,30
Thermische Hüllfläche		357,40		

6.2.4 Zone Nebenfläche ohne Aufenthalt

Tabelle 6-9: 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 SO	11,80	11,08	1,08	0,24
Außenfenster		0,71	3,2	1,30
Außenwand SW	39,00	31,87	1,08	0,24
Außenfenster		7,13	3,2	1,30
Decke	141,35	141,35	0,35	0,20
Boden anderer Bereich	141,35	141,35	1,37	0,30
Thermische Hüllfläche		333,50		

6.2.5 Zone Turnhalle

Tabelle 6-10: 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 NW	140,39	135,88	1,08	0,24
Fluchttür		4,51	2,0	1,80
Außenwand SO	140,39	140,39	1,08	0,24
Außenwand NO	276,85	137,47	0,54	0,24
Turnhallenfenster Groß Wand		139,38	3,2	1,30
Boden Turnhalle	679,94	679,94	1,37	0,30
Decke	679,94	679,94	0,35	0,20
Außenwand SW	101,41	64,50	1,08	0,24
Turnhallenfenster klein hoch		36,92	3,2	1,30
Thermische Hüllfläche		2.018,92		

Immissionsmessung in Selmsdorf

Luftgüte

- Messort
- Messstellenerrichtung
- Ergebnisdarstellung
- Fragen/Diskussion

Messort



Messstellenerrichtung



Messstellenerrichtung



Ergebnisdarstellung

Kontinuierliche Messung

- **Schwebstaub (PM 2,5 und PM 10) mittels optischer Partikelmessung**
- **Benzol mittels Gaschromatographen**
- **Ozon mittels Ozonanalysator**
- **Meteorologische Daten mittels verschiedener Messgeräte**



Ergebnisdarstellung

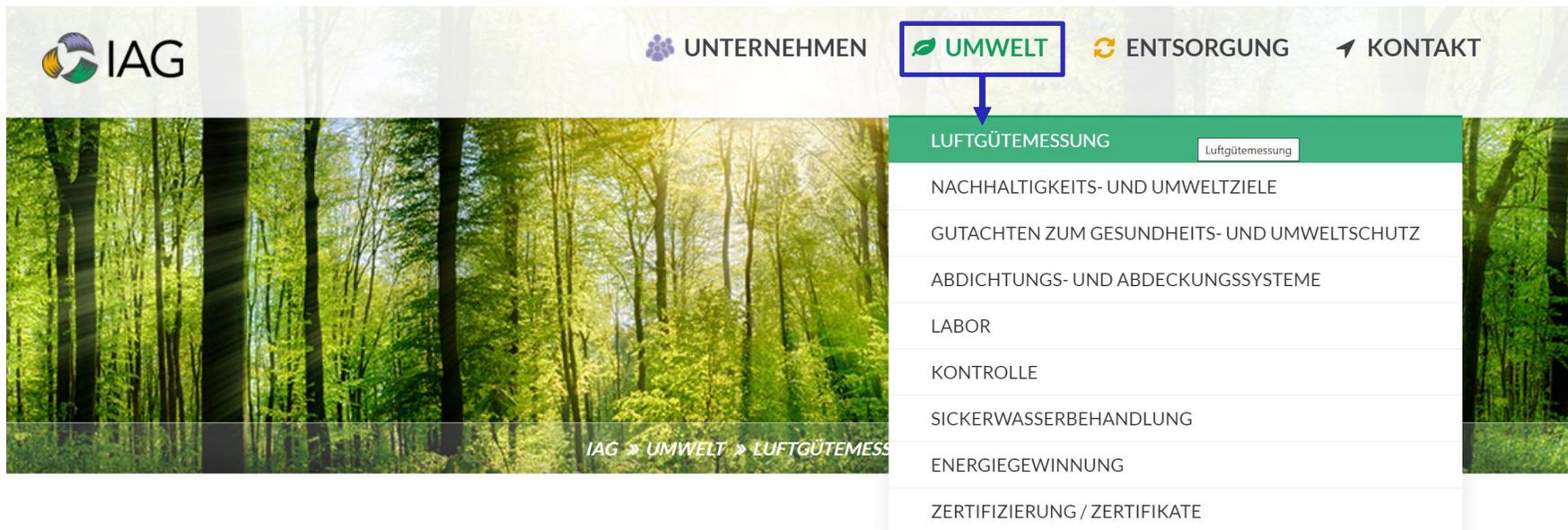
Diskontinuierliche Messung

- **Schwebstaub (PM 2,5 und PM 10) mittels gravimetrischer Bestimmung**
- **Staubniederschlag nach dem Bergerhoff-Verfahren**

Anlassbezogene Messung

- **Verschiedene Verfahren**





Luftgütemessungen bestätigen saubere Luft in Selmsdorf

TRANSPARENZ ist uns wichtig!

Der nachfolgende Link führt Sie auf die aktuellen Ergebnisse der Luftgüteuntersuchung in Selmsdorf. Dabei werden die Tagesmittelwerte der letzten 7 Tage grafisch dargestellt. Außerdem erhält man über eine dargestellte Windrose einen Überblick über die Windverhältnisse.

<https://aneco-iag.mcz-webdas.com/public-chart.php>

Zum Vergleich:

In Mecklenburg-Vorpommern obliegt die Immissionsüberwachung dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG). Dazu wird seit 1991 vom LUNG ein Luftmessnetz betrieben, das gegenwärtig aus 12 Messstationen besteht. Zum Vergleich der Link zu den aktuellen Ergebnissen der Immissionsüberwachung:

[Luftmessnetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern - aktuelle Messwerte \(mv-regierung.de\)](http://luftmessnetz.mv-regierung.de)

Fragen / Diskussion

