

Energiegutachten

Auftraggeber: Stadt Weil der Stadt
Marktplatz 4
71263 Weil der Stadt

Projekt: Johannes-Kepler-Gymnasium
Sporthalle
Max-Caspar-Straße 47
71263 Weil der Stadt

Bearbeitet von:

Energiemanagement
Karsten Jäkel
Ravensburger Str. 9
88271 Wilhelmsdorf

Dipl. Ing. (FH) Bernd Söllner
Wendlingen, 28. Juli 2017

Unterschrift: 

Inhaltsverzeichnis

1 Energiediagnose	3
1.1 Bemerkungen zum Energiegutachten und Begriffdeutung.....	3
1.2 Gebäudedaten: Ist-Zustand.....	4
1.3 Wärmetechnische Daten der Bauteile.....	5
1.4 Ist-Zustand des Gebäudes.....	6
1.4.1 Transmissionswärmeverluste.....	6
1.4.2 Energiekennzahl Heizwärme.....	6
1.4.3 Jahres-Primärenergiebedarf.....	7
1.4.4 Emissionskennwert.....	7
1.4.5 Ergebnisse der Anlagenberechnung nach DIN 18599.....	9
2. Beschreibung und Beurteilung der untersuchten Maßnahmen	10
3. Maßnahmenliste	12
3.1 Dämmung Außenwand.....	13
3.2 Fenster neu.....	14
3.3 Dach/ Dämmung neu.....	15
3.4 Lüftungsanlage inkl. Hallenbeheizung.....	16
3.5 Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Deckenheizung.....	17
3.6 Solaranlage für Warmwasser.....	18
3.7 Fernwärme über BHKW in Bauteil 2.....	19
4. Ergebnisse	19
4.1 Maßnahmenzusammenstellung.....	19
4.2 Grafischer Variantenvergleich.....	20
4.3 Aufteilung nach Kriterien.....	21
4.4 Maßnahmenkombinationen / Ergebnisse.....	22
4.5 Wirtschaftlichkeit.....	24
4.5.1 Einzelmaßnahmen.....	24
4.5.2 Variantenvergleich mit internem Zinsfuß.....	25
4.6 Ökonomische Betrachtung.....	26
5. Zusammenfassung und Empfehlungen	27
6. Überlassungsbedingungen	28
Anhang 01	Anlage Ist-Zustand
Anhang 02	Bauphysik,U-Wertberechnung, Fenster

1 Energiediagnose

1.1 Bemerkungen zum Energiegutachten und Begriffsdeutung.

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes ist die Wärmemenge, die innerhalb eines bestimmten Zeitraumes, in der Regel ein Jahr, dem Gebäude zugeführt werden muss, um eine bestimmte vorgegebene Raumtemperatur einzuhalten. Heizwärmebedarf und der bereitzustellende Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung ergeben den Gesamtwärmebedarf.

Der Heizwärmebedarf ist vorgegeben durch die Transmissionsverluste durch die Außenhülle des Gebäudes (Außenwände, Dach, Keller, Fenster), das Verbraucherverhalten durch Lüftung und Höhe einer angenehmen Raumtemperatur sowie die Klimabedingungen (Außentemperatur) der Region. Den Transmissionsverlusten stehen Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung und sog. inneren Wärmequellen in Form von Personen und elektrischen Geräten gegenüber.

Der Heizwärmebedarf wird bestimmt, indem man von Normwerten für die Klimaregion, innere Wärmegewinne, das Nutzerverhalten (Raumtemperatur, Nachtabsenkung, Lüftung u.a.), den Wirkungsgrad der Heizung u.a. ausgeht. Das bedeutet, dass der berechnete Wärmebedarf nicht genau mit dem wirklichen Verbrauch übereinstimmen muss. Hier spielt das Nutzerverhalten oft eine entscheidende Rolle. Der Vorteil dieser Berechnung liegt in der Möglichkeit, einzelne Sanierungsmaßnahmen zu berechnen und die Energieeinsparungen mit recht guter Genauigkeit vorherzubestimmen.

Der gesamte Energieverbrauch hängt zudem wesentlich von dem Wirkungsgrad der Heizung und damit von deren Alter ab und kann bis zu 40 % Energieverlust bedeuten im Gegensatz zu 5 % bei modernen Brennwertkesseln. Man erhält den gesamten Endenergieverbrauch, indem man den Nutzwärmebedarf durch den Wirkungsgrad der Heizung dividiert. Daraus ergibt sich dann auch die benötigte Brennstoffmenge.

Für die Berechnung des Energiebedarfs für die Warmwasserversorgung werden Durchschnittswerte wie Durchschnittsverbräuche und mittlere Bewohneranzahl verwendet. Der Wirkungsgrad der Heizung und der Warmwasserversorgung ist abhängig vom Baujahr der Wärmeerzeuger. Auch hierfür werden Normwerte bzw. Erfahrungswerte zugrunde gelegt. Hieraus ergeben sich der Endenergiebedarf und damit die notwendige Brennstoffmenge.

Zur Beurteilung des Dämmzustandes eines Gebäudes wird der errechnete Heizwärmebedarf auf die beheizte Fläche bezogen. Damit erhält man die Gebäudeenergiekennzahl, eine Größe, die es ermöglicht, den Dämmzustand verschiedener Gebäude miteinander zu vergleichen.

Um den gesamten wärmetechnischen Zustand eines Gebäudes (einschl. Heizung) bestimmen zu können, wird der Emissionskennwert berechnet, d.h. die Menge des Kohlendioxidausstoßes pro m² und Jahr. Dabei werden die vorgelagerten Prozesse einschl. Herstellungsaufwand der Heizanlage berücksichtigt. Bei einer Elektroheizung stehen daher guten Wirkungsgraden beim Heizen relativ schlechten Primärenergiefaktoren bei der Stromerzeugung gegenüber.

Um die Wirkung von einzelnen Energiesparmaßnahmen beurteilen zu können werden diese getrennt berechnet und ausgewertet.

Als Grundlage für die Investitionskosten werden die derzeit üblichen Brennstoffkosten und Handwerkerpreise angenommen.

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung wird davon ausgegangen, dass bei Dämmmaßnahmen, die jeder in Eigenarbeit selbst anbringen kann, die Materialkosten berücksichtigt werden. Dämmungen von Außenwänden oder Sanierung der Fenster sollten dem Fachmann überlassen werden. Die verwendeten Preise sind als Richtwerte zu verstehen, die für Objekte gelten, bei denen keine weiteren Maßnahmen und Besonderheiten auftreten.

1.2 Gebäudedaten: Ist-Zustand

Ansicht Ost



Ansicht Süd



Ansicht West



Ansicht Nord



Geometrie

Nettovolumen V	13.178,5 m ³
Nettogrundfläche A _{NGF}	2.203,4 m ²
Geschosshöhe [m]	2,80 m, 8,50 m
Thermische Hüllfläche	5.154,4 m ²
Fensterfläche	105,0 m ²
Außentürfläche	7,6 m ²

Objektbeschreibung:

Bei dem Gebäude handelt es sich um eine Sporthalle. Das Gebäude ist mit einem Flachdach versehen. Die Konstruktion besteht aus betonierten Außenwänden und mit Kalksandstein gemauerten Innenwänden. Die Sporthalle wurde im Jahre 1978 erbaut.

Bauherr / Auftraggeber: Stadt Weil der Stadt

Standort des untersuchten Objektes: Max-Caspar-Straße 47, 71263 Weil der Stadt

Lage: Wohngebiet, windschwache Gegend, moderate Abschirmung.

Lüftung: Die Lüftungsverluste wurden für die Berechnung normiert.

Berechnungsverfahren:

Die Gebäudehülle wird nach dem vereinfachten Periodenbilanzverfahren der gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) berechnet. Es werden die normierten Klimadaten der Region verwendet, um vergleichbare Ergebnisse zu bekommen.

Gebäudeart	Sporthalle
Randbedingungen	Nach EnEV
Berechnung gemäß	EnEV 2014 (Anforderungsniveau ab 1. Januar 2016)
Verwendete Norm	DIN 18599
Art des EnEV-Nachweises	Bestand
Berechnungsprogramm	ZUB Helena Ultra v7.51

Nutzerverhalten:

Die Berechnungen wurden mit genormten Bedingungen (z.B. mittlere Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, zu erreichende Innentemperatur, angenommene innere Wärmequellen) für Beheizung, Lüftung und Trinkwarmwasserbereitung durchgeführt.

Beschreibung der Heizungsanlage und der Haustechnik:

Das untersuchte Gebäude wird über Nah/ Fernwärme beheizt. Die Heizungsanlage steht im Bauteil 2 des Johannes-Kepler-Gymnasiums.

Wärmeerzeuger: Nah/ Fernwärme

Verwendet für	Heizung
Unterart	Nah/ Fernwärme
Energieträger	Erdgas
Baujahr	2002
Aufstellungsort/ Zone	6. Geräte/ Technik/ Putzraum
Detaillierte Kennwerte	
Type:	-
Nennwärmeleistung [kW]	660 kW

Brennstoffverbrauch

Der berechnete Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser für das untersuchte Gebäude liegt bei 266.408 kWh/a.

Anlagen- und bautechnischen Investitionen

-

1.3 Wärmetechnische Daten der Bauteile.

In der folgenden Tabelle sind Wärmedurchgangskoeffiziente die sogenannten U-Werte und die Flächen der energetisch relevanten Bauteile (thermische Systemgrenze) zusammengefasst. Teilflächen wurden sinnvoll zusammengefasst. Wenn ein Bauteil (z.B. Außenwand) in verschiedenen Räumen unterschiedliche U-Werte aufweist, wird eine mittlere U-Zahl nach DIN 4701 ausgerechnet.

Die Formel dafür lautet:

$$U_m = \frac{\sum A_i * U_i}{\sum A_i}$$

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) ist ein Maß für die Güte der Wärmedämmung. Er gibt den Wärmestrom an, der bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin (1°C) durch 1 m² eines Bauteiles fließt. Je kleiner der U-Wert, desto geringer die Wärmeverluste.

Bauteilbezeichnung	U-Wert Ist [W/(m ² K)]	U-Wert saniert [W/(m ² K)]	U-Wert EnEV [W/(m ² K)]	Bewertung des Ist-Zustandes
AW=Außenwand, AF=Fenster, AT=Außentür				
Fußboden Halle	0,29	0,29	0,35	Sehr gut
Fußboden Rest	0,58	0,58	0,35	Mäßig
Fußboden Eingangshalle	0,82	0,82	0,35	Schlecht
Außenwände einfach	0,39	0,39	0,35	Mäßig
Außenwände doppelt	0,16	0,16	0,35	Sehr gut
Außenwände 150mm	0,54	0,17	0,35	Mäßig
Außenwände Kalksandstein	2,28	0,19	0,35	Sehr schlecht
Innenwände	1,48	1,48	0,35	Mäßig
Decke UG	0,93	0,93	0,20	Schlecht
Flachdach	0,28	0,18	0,35	Gut
Fenster	3,00	0,90	1,30	Schlecht

Bei den Fenstern werden außer Transmissionsverlusten auch die Wärmegewinne durch die Solarstrahlung berücksichtigt. Die durch die Fenster eingestrahlte Solarenergie wird an den Raumbooberflächen absorbiert und in "Wärme" umgewandelt. Diese ist in der kalten Jahreszeit ein beträchtlicher Beitrag zur Heizung.

1.4 Ist-Zustand des Gebäudes

Die im folgenden dargestellte Berechnungsmethode für die Erstellung des Energiegutachtens basiert der inkraftgetretenen DIN V 18599.

1.4.1 Transmissionswärmeverluste

Zur Berechnung der Transmissionswärmeverluste werden alle Flächen berücksichtigt, die den beheizten Gebäudebereich nach außen – gegen Luft oder Erdreich und zu unbeheizten Räumen hin abschließen. Trennflächen zu Räumen mit gleicher Nutzung und Temperatur, wie beispielsweise Wände zwischen Reihenhäusern werden wärmetechnisch als neutral betrachtet und nicht berücksichtigt.

1.4.2 Energiekennzahl Heizwärme

Die geeignete Größe zur Beurteilung der energetischen Qualität des Baukörpers einschließlich Luftaustausch ist der „Energiekennwert Heizwärme“ - also der auf die beheizte Wohn- bzw. Nutzfläche bezogene Heizwärmebedarf. Der Heizwärmebedarf beschreibt die für die Raumheizung erforderliche Nutzwärme und errechnet sich aus der Summe von Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Gewinne. Diese Bilanzierung ermöglicht dem Fachmann eine klare Aussage über die Wirtschaftlichkeit und die Notwendigkeit der möglichen Dämmmaßnahmen.

$$\text{Energiekennzahl } _H = q_h = \frac{\text{Jahresheizwärmebedarf}}{\text{Nutzfläche}}$$

Die Energiekennzahl für Heizwärme beträgt somit 117,00/m²a.

1.4.3 Jahres-Primärenergiebedarf

Methodisch neu an dem nachfolgend dargestellten Bilanzverfahren ist vor allem der allgemeinere Ansatz zur Bewertung von Heizsystemen. Während in WSchV 1995 bisher allein die Bilanzierung von Warmwasser-Zentralheizungen möglich war, können nun alle verbreiteten Heizsysteme und folglich auch neben Heizöl und Erdgas weitere Energieträger betrachtet werden.

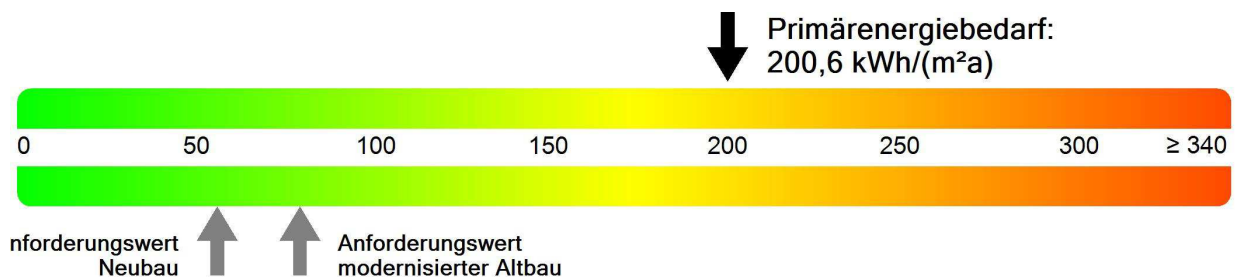
Da Endenergie-Kennwerte unterschiedlicher Energieträger weder ökologisch noch ökonomisch vergleichbar sind, erfolgt die Ausweisung von Energiekennwerten nicht mehr auf der Endenergieebene sondern auf Primärenergieebene.

Die den eingesetzten Energieträgern vorgelagerten Prozessketten werden gemäß dem Ansatz von EnEV in die Betrachtung miteinbezogen, die Bewertung des Gesamtsystems (Gebäude + Heizungstechnik) erfolgt auf der Ebene der Primärenergie (d.h. der in den Energierohstoffen enthaltenen physikalisch oder chemisch gewinnbaren Energie).

Die energetische Qualität des Gesamtsystems wird durch den Jahres-Primärenergiebedarf charakterisiert. Dieser wird aus dem Verhältnis vom Primärenergieaufwand (für Raumheizung, Warmwasser und Beleuchtung) zur beheizten Nutzfläche gebildet. Neben der direkt für die Wärmeerzeugung eingesetzten Energie wird auch der Stromverbrauch für Hilfsgeräte (Pumpen, Lüfter, Regelung etc.) mit einbezogen.

$$\text{Jahres - Primärenergiebedarf} = q_p = \frac{\text{Primärenergie}}{\text{Nutzfläche}}$$

Beim untersuchten Gebäude beträgt der spezifische Jahres-Primärenergiebedarf **200,6 kWh/m²a**.



1.4.4 Emissionskennwert

Je nachdem, welcher Energieträger für Wärmeerzeugung eingesetzt wird, werden unterschiedliche Mengen an klimawirksamen Schadstoff Kohlendioxid (CO₂) bei der Verbrennung freigesetzt.

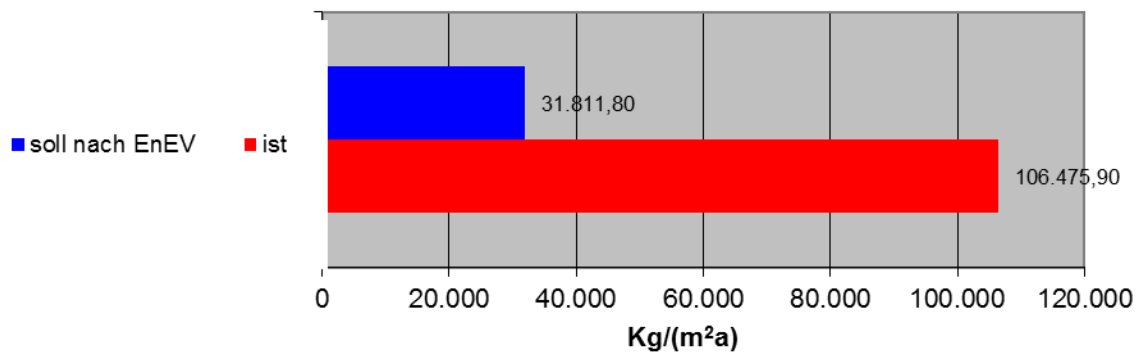
In der nachfolgenden Tabelle sind Emissionsfaktoren nach dem KfW Förderprogramm aufgeführt.

Emissionsfaktoren charakterisieren die Menge der Emissionen pro Energieeinheit unterschiedlicher Energieträger und ermöglichen Aussagen über die aus Verbrennungsprozessen resultierenden CO₂-Emissionen. Der Emissionsfaktor berücksichtigt auch Emissionen durch Prozessketten und Herstellungsaufwand.

Energieträger	Primärenergiefaktor kWh Prim / kWh End	CO2 Emissionen (kg CO ₂ / kWh End)
Erdgas	1,1	0,23
Heizöl	1,1	0,49
Flüssiggas	1,1	0,26
Steinkohle	1,1	0,41
Holz	0,2	0,05
Strom-Mix	2,4	0,68
Nah/ Fernwärme aus Heizwerken – fossiler Brennstoff	1,3	0,20

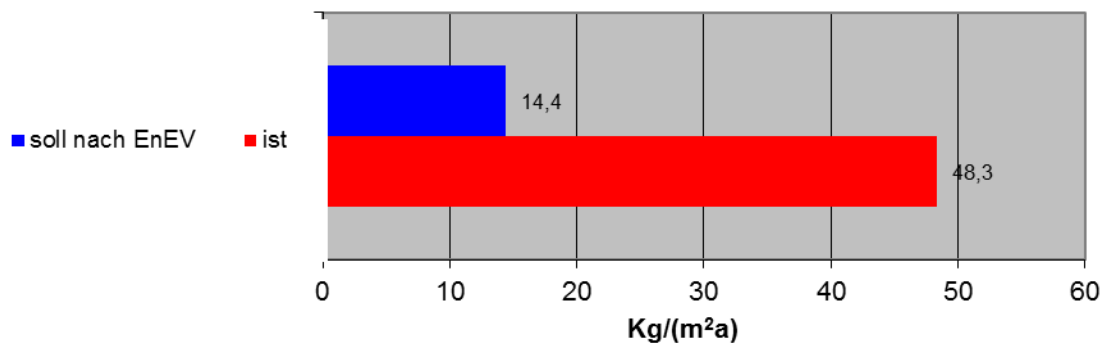
Daraus errechnet sich eine jährliche CO₂-Emissionsbelastung von **106.475,90 kg CO₂**.

Emissionsbelastung



Der Emissionskennwert beträgt somit: **48,3 [kg CO₂/ m²a]**

Emissionskennwert



Emissionstabelle

Bau	Emissionskennwert [kg CO ₂ /m ² a]	Bewertung
Altbau	Unter 30	sehr gut
	30-50	gut
	50-70	befriedigend
	70-90	hoch
	Über 90	sehr hoch
Sollwert für Neubau	Unter 20	gut

Laut der Emissionstabelle ist der durch das Gebäude verursachte CO₂-Ausstoß in die Atmosphäre als gut zu bewerten.

1.4.5 Ergebnisse der Anlagenberechnung nach DIN 18599

Heizung	Wärmeenergie [kWh/a]		Hilfsenergie [kWh/a]	
	für statische Systeme	für RLT-Anlagen	für statische Systeme	für RLT-Anlagen
<i>Zu deckender Nutzenergiebedarf</i>	46.701,03	193.865,90	–	–
+ <i>Verluste durch Speicherung</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
+ <i>Verluste durch Verteilung</i>	904,77	114,90	1.415,84	309,77
+ <i>Verluste durch Übergabe</i>	10.376,97	0,00	2.281,42	0,00
= <i>erforderliche Erzeugernutzenergie</i>	57.982,77	193.980,84	–	–
– <i>regenerativer Anteil</i>	0,00	0,00	–	–
+ <i>Verluste durch Erzeugung</i>	567,21	1.209,41	0,00	0,00
= <i>Endenergiebedarf</i>	50.317,81	203.602,40	3.697,26	309,77

Erzeuger	Deckungsanteil [%]
Nah/ Fernwärme	100,00

1.4.5.1 Ergebnisse nach Energieträgern

Bezeichnung	Endenergie absolut [kWh/a]	Endenergie spez. [kWh/m²a]
Nah/ Fernwärme	262.365,1	119,08
Strom-Mix	56.064,4	25,44

Energieverbrauch

Bezeichnung	Endenergie absolut [kWh/a]	Endenergie spez. [kWh/m²a]	Primärenergie absolut [kWh/a]	Primärenergie spez. [kWh/m²a]
Heizung	257.747,23	116,98	337.074,94	152,98
Trinkwarmwasser	8.661,63	3,93	11.278,46	5,12
Beleuchtung	17.008,77	7,72	30.615,78	13,90
Belüftung	35.011,95	15,89	63.021,52	28,60

2. Beschreibung und Beurteilung der untersuchten Maßnahmen

Entscheidend für eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit der untersuchten Maßnahmen ist die Energiepreisentwicklung in den kommenden Jahren, und da die Zukunft nicht berechenbar ist, nehmen wir lediglich Bezug auf die konkret vorliegenden Preise für eingesetzte Energieträger.

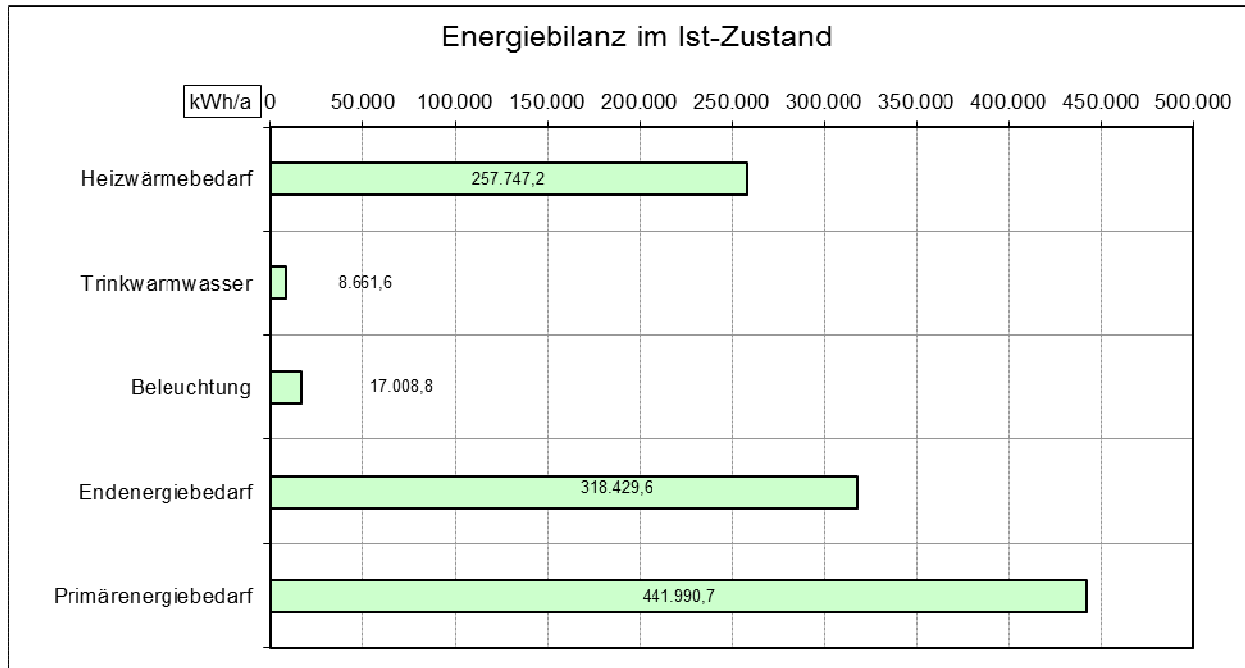
Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit] netto
Strom-Mix	kWh	0,264
Nah/ Fernwärme	kWh	0,054

Amortisationszeit: Am Ende des Jahres, in dem der kumulierte Kapitalrückfluss die Restschuld übersteigt, gilt die Investition als amortisiert.

Globale Daten

anfängliche Energiekosten (errechnet) [€/Jahr]	28.968,70
--	-----------



Der errechnete Endenergieverbrauch beträgt 318.429,60 kWh/a oder 144,50 kWh/m²a. Berücksichtigt sind neben den Wärmeverlusten auch die Wärmegewinne durch Solarstrahlung und Abwärme.

3. Maßnahmenliste

Folgende Maßnahmen erscheinen sinnvoll, bzw. sollen untersucht werden.

3.1 Maßnahme:

Dämmung Außenwand

3.2 Maßnahme:

Fenster neu

3.3 Maßnahme:

Dach/ Dämmung neu

3.4 Maßnahme:

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

3.5 Maßnahme:

Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Deckenheizung

3.6 Maßnahme:

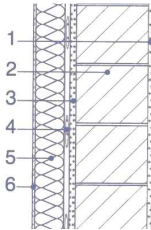
Solaranlage für Warmwasser

3.7 Maßnahme:

Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2

3.1 Dämmung Außenwand

Die Außenwände können mit 16 cm Vollwärmeschutz (035), geklebt oder gedübelt, versehen werden. Durch diese Maßnahme müssen die Fenstersimse erneuert werden. Neben der Energieeinsparung bietet die so genannte Thermohaut einen sehr guten Schutz der tragenden Bausubstanz und einen erheblichen Gewinn an Wohnkomfort.



1. Innenputz
2. Mauerwerk
3. alter Außenputz
4. Klebemasse
5. Wärmedämmung
6. neuer Außenputz

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand verbessert sich von $0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fassadenfläche: ca. 750 m^2 als thermische Gebäudehülle.

Kosten Wärmedämmung: ca. $130,- \text{ €/m}^2$.

Damit könnten im Jahr ca. **7.491 kWh** eingespart werden.

CO₂-Einsparung **0,8 kg CO₂/m²a** oder **1.722 kg/a**.

Die Einsparung pro Jahr würde ca. **433 €** betragen.

Die Investitionskosten betragen ca. **97.500 €**.

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **225 Jahre**.

Die Lebensdauer beträgt 50 Jahre.

Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist nicht wirtschaftlich.

3.2 Fenster neu

Alle Fenster weisen einen schlechten U-Wert auf. Die alten Fenster könnten durch Fenster mit einer Wärmeschutzverglasung erneuert werden. Generell ist beim Fensterersatz eine Wärmeschutzverglasung zu empfehlen. Die farbneutrale Beschichtung reduziert den Einfall von sichtbarem Licht nur um ca. 10 %, verringert jedoch den Wärmeverlust auf die Hälfte gegenüber der handelsüblichen Isolierverglasung.

Außer der Energieeinsparung bieten sich weitere Vorteile durch die Wärmeschutzverglasung:

- ✓ Temperatur auf der Innenscheibe: + 15 °C/ bei -10 °C Außentemperatur.
- ✓ Zugserscheinungen aufgrund abfallender Kaltluft im Fensterbereich gibt es nicht mehr.
- ✓ Ist die Wärmeschutzverglasung sehr gut ($U < 0,8$), so können Heizkörper künftig an Innenwänden installiert werden.

Dadurch verbessert sich der Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster z.B. von 3,0 W/m²K auf 0,9 W/m²K.

Fensterflächen ca. 105 m² als thermische Gebäudehülle
Kosten für Fassadenfenster $U = 0,9$ W/m²K: ca. 400 €/m²

Damit könnten im Jahr ca. **4.406 kWh** eingespart werden.

CO₂-Einsparung **0,4 kg CO₂/m²a** oder **922 kg/a**

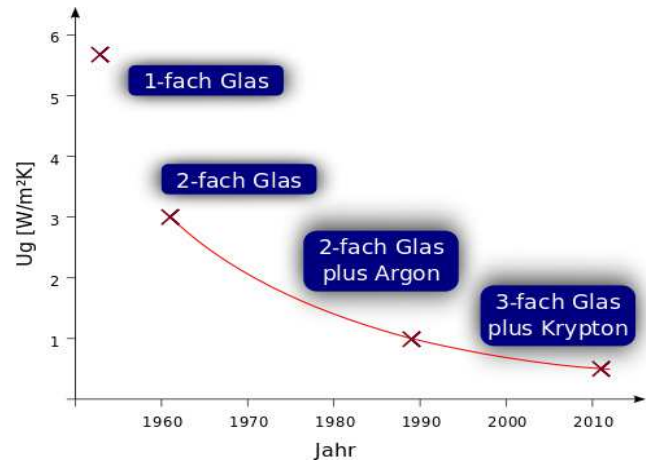
Die Einsparung pro Jahr würde ca. **279 €** betragen.

Die Investitionskosten betragen ca. **42.000 €**.

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **150 Jahre**.

Die Lebensdauer beträgt 50 Jahre.

Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist nicht wirtschaftlich.



3.3 Dach/ Dämmung neu

Das Dach ist gedämmt und hat ein U-Wert von 0,28 W/m²K. Auf das Dach kann eine neue Dämmschicht von 22 cm aufgebracht werden. Um spätere Feuchteschäden durch Leckagen zu vermeiden, muss auf die korrekte Ausführung beim Verlegen der Dachbahnen geachtet werden. Dadurch verbessert sich der Wärmedurchgangskoeffizient von 0,28 auf 0,18 W/m²K. Dachfläche: ca. 1.770 m², welches auch zur thermische Gebäudehülle gehören. Kosten für die Dachsanierung ca. 150,- €/m²



Damit könnten im Jahr ca. **4.406 kWh** eingespart werden.

Damit könnten im Jahr **0,5 kg CO₂/ m²a** oder **1.028 kg CO₂/a** eingespart werden.

Die Einsparung pro Jahr würde ca. **262 €** betragen.

Die Investitionskosten betragen ca. **265.500 €**.

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **- Jahre**.

Die Lebensdauer beträgt 50 Jahre.

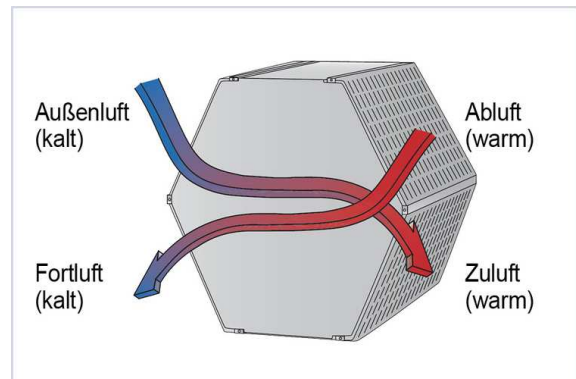
Wenn Maßnahmen an dem alten Dach durchgeführt werden, sollte eine nachträgliche Dämmung eingebracht werden. Die Einsparung wurde mit einem trockenen Dach gerechnet. Bei einem nassen Dach ist die Einsparung bei weitem höher.

Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist nicht wirtschaftlich. Da das Dach aber undicht ist, muss es auf jeden Fall saniert werden.

3.4 Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Die vorhandene Lüftungsanlage ist schon alt und verbraucht sehr viel kostbare Energie, weil über die Luft geheizt wird. Daher sollte die Anlage gegen eine moderne Lüftung mit einer Wärmerückgewinnung ausgetauscht werden. Bei einer Wärmerückgewinnung wird die eingebrachte Luft von außen über einen Wärmetauscher durch die warme Luft von Innen aufgeheizt. Dadurch wird eine Menge Energie eingespart. Die warme Abluft wird noch sinnvoll genutzt und somit keine Energie verschwendet.

Durch die Förderung Klimaschutz-Plus die 50 € pro eingesparte Tonne CO₂/a bezuschusst, rechnet sich die neue Lüftungsanlage umso mehr.



Damit könnten im Jahr ca. **141.676 kWh** eingespart werden.

Damit könnten im Jahr **14,7 kg CO₂/ m²a** oder **32.428 kg CO₂/a** eingespart werden.

Die Einsparung pro Jahr würde ca. **7.709 €** betragen.

Die Investitionskosten betragen ca. **190.000 €**.

Die Förderung Klimaschutz-Plus beträgt, **32 t CO₂/a x 50 € x 20 Jahre = 32.000 €**

Die Investitionskosten abzüglich Klimaschutz-Plus betragen ca. **158.000 €**.

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **20 Jahre**.

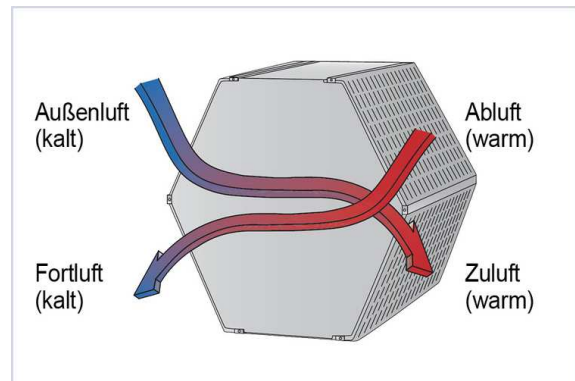
Die Lebensdauer beträgt 20 Jahre.

Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist wirtschaftlich

3.5 Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Deckenheizung

Die vorhandene Lüftungsanlage ist schon alt und verbraucht sehr viel kostbare Energie. Daher sollte die Anlage gegen eine moderne Lüftung mit einer Wärmerückgewinnung ausgetauscht werden.

Bei einer Wärmerückgewinnung wird die eingebrachte Luft von außen über einen Wärmetauscher durch die warme Luft von Innen aufgeheizt. Dadurch wird eine Menge Energie eingespart. Die warme Abluft wird noch sinnvoll genutzt und somit keine Energie verschwendet. Diese Lüftungsanlage kann über Gassensoren z.B. über den CO²- Gehalt in der Luft geregelt werden.



Durch die Montage einer Deckenstrahlheizung lässt sich die Wärme gleichmäßig in der ganzen Sporthalle verteilen. Durch die entstehende Strahlungswärme wird selbst in hohen Gebäuden der Fußboden angenehm warm. Die Deckenheizung müsste ballwurfsicher installiert werden um Schäden durch Balltreffer zu verhindern. Der Preis pro m² für die Deckenheizung liegt bei ca. 230-240 €/ m².

Durch die Förderung Klimaschutz-Plus werden 50 € pro eingesparte Tonne CO²/a bezuschusst.

Damit könnten im Jahr ca. **170.540 kWh** eingespart werden.

Damit könnten im Jahr **19,7 kg CO₂/ m²a** oder **43.539 kg CO₂/a** eingespart werden.

Die Einsparung pro Jahr würde ca. **10.842 €** betragen.

Die Investitionskosten betragen ca. **290.000 €**.

Die Förderung Klimaschutz-Plus beträgt, **43 t CO₂/a x 50 € x 20 Jahre = 43.000 €**

Die Investitionskosten abzüglich Klimaschutz-Plus betragen ca. **247.000 €**.

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **22 Jahre**.

Die Lebensdauer beträgt 20 Jahre.

Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist nicht wirtschaftlich

3.6 Solaranlage für Warmwasser

Eine ausreichend große thermische Solaranlage kann in den Sommermonaten den Bedarf an Warmwasser in den meisten Fällen komplett decken. Da der Warmwasserbedarf in den Übergangs- und Wintermonaten höher ist und die Anlage bedingt durch die geringere Sonneneinstrahlung auch weniger Ertrag erwirtschaftet, kann die Solaranlage Warmwasser nicht in ausreichendem Maße bereitstellen. Für diese Übergangszeiten empfiehlt sich die Kombination einer Solaranlage für Warmwasser mit einer Gasheizung, Ölheizung, Pelletheizung oder Wärmepumpe. Erst wenn der Bedarf an Brauchwasser nicht mehr durch Solar gedeckt werden kann, springt die andere Technik ein. So können bis zu 50 Prozent Energie für die Warmwasserbereitung eingespart und ein großer Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden.

In diesem Fall wird die Größe des Kollektorfeldes auf 23 m² ausgelegt.

Damit könnten im Jahr ca. **5.067 kWh** eingespart werden.

Damit könnten im Jahr **10,8 kg CO₂/ m²a** oder **1.033 kg CO₂/a** eingespart werden.

Die Einsparung pro Jahr würde ca. **230 €** betragen.

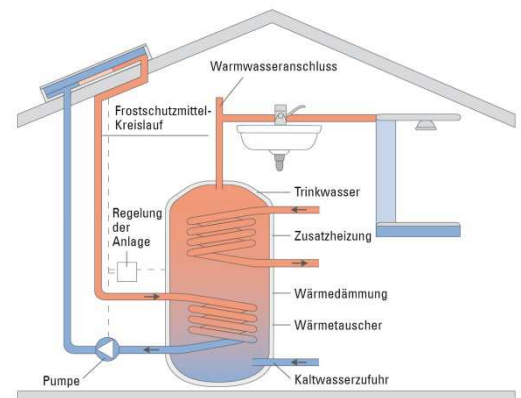
Die Investitionskosten betragen ca. **23.000 €**.

Die Gesamtkosten betragen, einschl. der Förderkosten für die Maßnahme (500 €) ca. **22.500 €**

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **97 Jahre**.

Die Lebensdauer beträgt 20 Jahre.

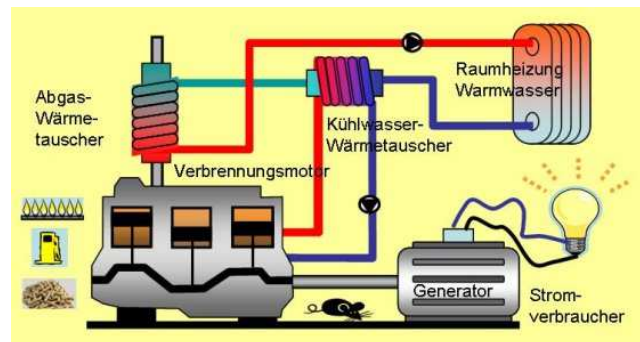
Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist wirtschaftlich



3.7 Fernwärme über BHKW in Bauteil 2

Die Fernwärme kann im Heizwerk durch ein Blockheizkraftwerk ergänzt werden. Die entstehenden Kosten werden in diesem Fall dem Bauteil 2 zugeordnet werden, da die Heizanlage dort steht und die umliegenden Gebäude von dort aus mit Wärme versorgt werden.

Durch den Bezug der Fernwärme aus einem BHKW ändert sich im Endverbrauch nichts, allerdings ist eine Einsparung im Primärenergiebedarf zu verbuchen, die um eine KfW-Förderung zu erhalten notwendig ist.



4. Ergebnisse

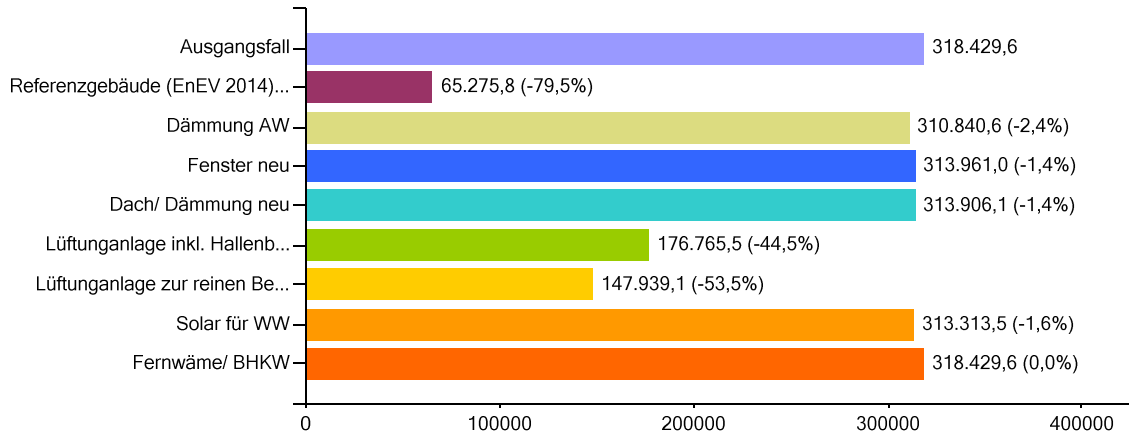
4.1 Maßnahmenzusammenstellung

Im vorliegenden Bericht wurde exemplarisch an sieben Varianten die Wirkung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen aufgeführt. In den nachfolgenden Tabellen sind die hier vorgeschlagenen Maßnahmen gegenübergestellt.

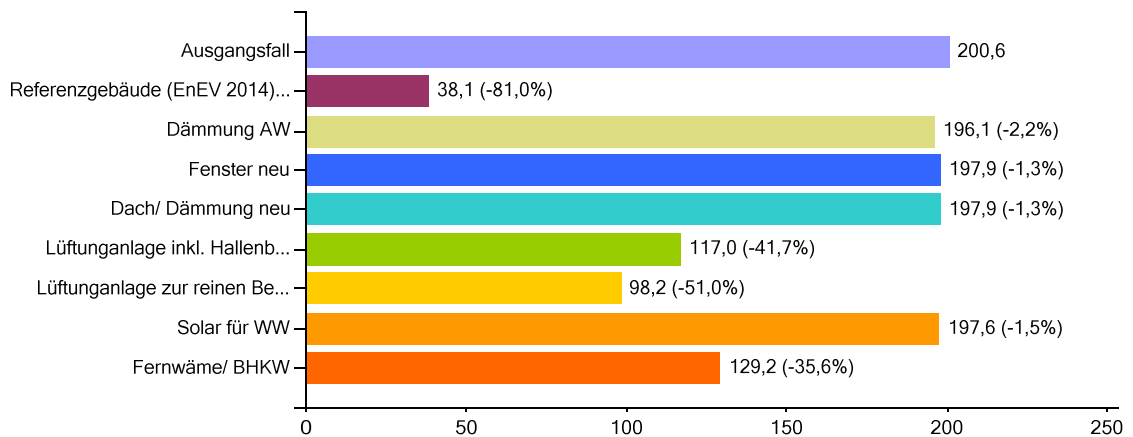
	Investitionskosten	Nutzungsdauer	Energieeinsparung	Kapitaleinsparung	Amortisationsdauer
	Euro	a	kWh/a	EUR/a	a
Dämmung Außenwand	97.500	50	7.491	433	237
Fenster neu	42.000	50	4.406	279	195
Dämmung/ Dach neu	265.500	50	4.406	262	-
Lüftung mit Wärmerückgewinnung	158.000	20	141.676	7.709	20
Lüftungsanlage zur Belüftung inkl. Wandheizung	247.000	20	170.540	10.842	22
Solaranlage für Warmwasser	22.500	20	5.067	230	97
Fernwärme über BHKW	-	-	-	-	-

4.2 Grafischer Variantenvergleich

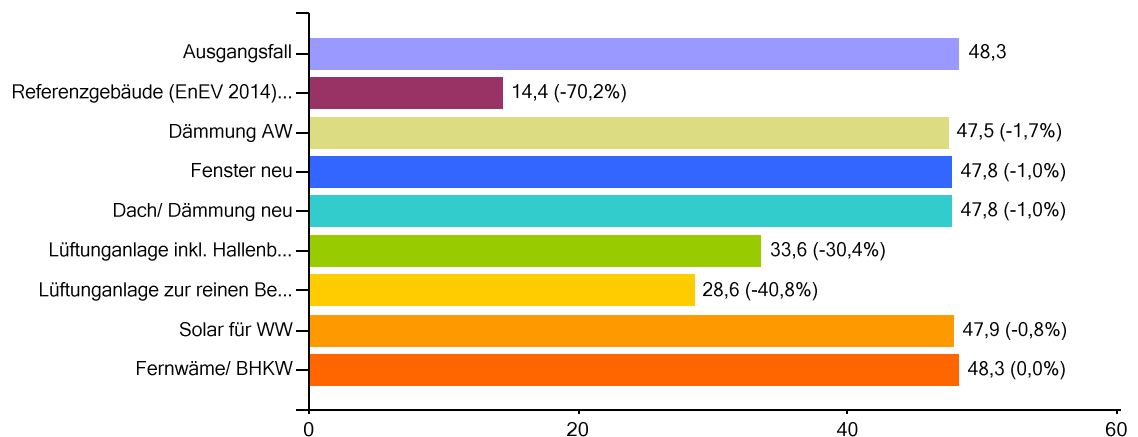
Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]



spez. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]



spez. CO2-Emissionen [kg/(m²a)]



4.3 Aufteilung nach Kriterien

Rangfolge	Kriterium
1	Nach Dringlichkeit der Sanierungsmaßnahme
2	nach der internen Kapitalverzinsung IKV
3	nach der Höhe der Investition
4	nach der Dauer der Amortisationsdauer Rol
5	nach der Energieeinsparung
6	nach der Realisierungsmöglichkeit

Rangfolge	Maßnahme	Kriterium
1	Dämmung Dach	Dach ist undicht
2	Lüftung mit Wärmerückgewinnung	Höchste Kapitalverzinsung
Alternativ zu 2	Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Wandheizung	Geringste Investiton
4	Solaranlage für Warmwasser	Dauer Amortisation
5	Dämmung Außenwand	Energieeinsparung
6	Fenster neu	Geringster Aufwand

4.4 Maßnahmenkombinationen / Ergebnisse

Nachfolgend werden vier Maßnahmenpakete untersucht und entsprechend verglichen.

Maßnahmenpaket 1

Einzelmaßnahmen	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Energie- einsparung	Kapital- einsparung
	Euro	a	kWh/a	EUR/a
Dämmung Außenwand	97.500	50	7.491	433
Fenster neu	42.000	50	4.186	279
Dämmung/ Dach neu	265.500	50	4.406	262
Lüftung mit Wärmerückgewinnung	158.000	20	141.676	7.709
Solaranlage für Warmwasser	22.500	20	5.067	230
Maßnahmenpaket 1	585.500	50/20	156.438	8.512

Maßnahmenpaket 2

Einzelmaßnahmen	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Energie- einsparung	Kapital- einsparung
	Euro	a	kWh/a	EUR/a
Dämmung Außenwand	97.500	50	7.491	433
Fenster neu	42.000	50	4.186	279
Dämmung/ Dach neu	265.500	50	4.406	262
Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Wandheizung	247.000	20	141.676	10.842
Solaranlage für Warmwasser	22.500	20	5.067	230
Maßnahmenpaket 2	674.500	50/20	188.166	11.844

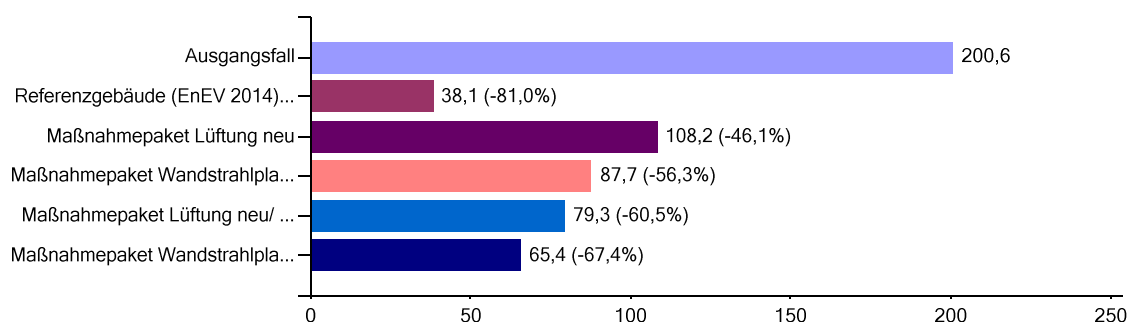
Maßnahmenpaket 3

Einzelmaßnahmen	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Energie- einsparung	Kapital- einsparung
	Euro	a	kWh/a	EUR/a
Dämmung Außenwand	97.500	50	7.491	433
Fenster neu	42.000	50	4.186	279
Dämmung/ Dach neu	265.500	50	4.406	262
Lüftung mit Wärmerückgewinnung	158.000	20	141.676	7.709
Solaranlage für Warmwasser	22.500	20	5.067	230
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-	-	-
Maßnahmenpaket 3	585.500	50/20/15	156.438	8.512

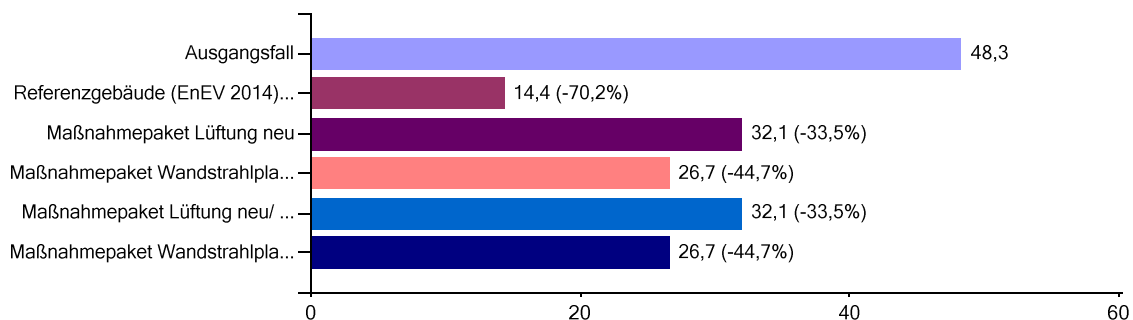
Maßnahmenpaket 4

Einzelmaßnahmen	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Energie- einsparung	Kapital- einsparung
	Euro	a	kWh/a	EUR/a
Dämmung Außenwand	97.500	50	7.491	433
Fenster neu	42.000	50	4.186	279
Dämmung/ Dach neu	265.500	50	4.406	262
Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Wandheizung	247.000	20	141.676	7.709
Solaranlage für Warmwasser	22.500	20	5.067	230
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-	-	-
Maßnahmenpaket 4	674.500	50/25/15	188.166	11.844

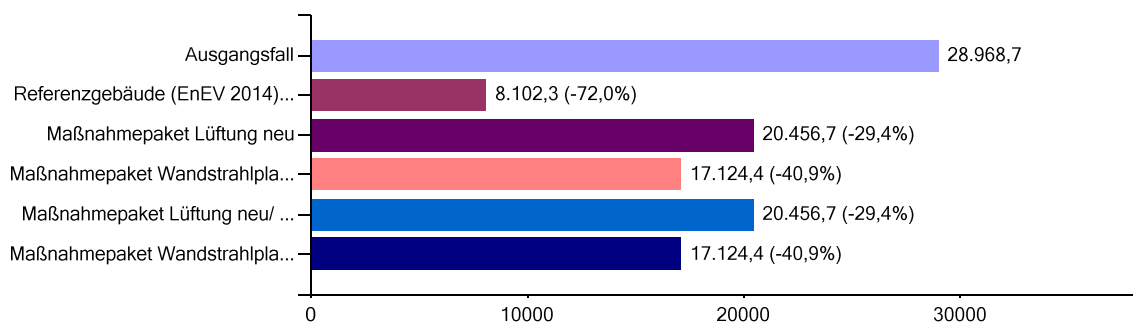
spez. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]



spez. CO2-Emissionen [kg/(m²a)]



Energiekosten [€/a]



4.5 Wirtschaftlichkeit

4.5.1 Einzelmaßnahmen

Maßnahme	Interne Verzinsung	Kapitalwert
Dämmung Außenwand	-3,88 %	-75.850 €
Fenster neu	-2,73 %	-28.050 €
Dach/ Dämmung neu	-7,65 %	-252.400 €
Lüftung mit Wärmerückgewinnung	-0,51 %	- 4.160 €
Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Wandheizung	-1,22 %	-30.160 €
Solaranlage für Warmwasser	-6,46 %	-18.400 €
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-

4.5.2 Variantenvergleich mit internem Zinsfuß

Es wurde ein kalkulatorischer Zinssatz von 1 % und eine Energiekostensteigerung von 1 % angenommen.

Variante	anfängliche Energiekosten [€]	Amortisationszeit [a]	Annuität [€]	Int. Zinsfuß
Dämmung Außenwand	28.808	237	39.236	-3,88 %
Fenster neu	29.003	196	38.069	-2,73 %
Dach/ Dämmung neu	28.972	-	43.732	-7,65 %
Lüftung mit Wärmerückgewinnung	21.508	19	38.625	-0,51 %
Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Wandheizung	18.127	22	40.873	-1,22%
Solaranlage für Warmwasser	28.738	97	38.142	-6,46%
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-	-	-

Maßnahmenpaket 1	Interne Verzinsung	Kapitalwert
Dämmung Außenwand	-3,88 %	-75.850 €
Fenster neu	-2,73 %	-28.500 €
Dach/ Dämmung neu	-7,65 %	-252.400 €
Lüftung mit Wärmerückgewinnung	-0,51 %	-4.180 €
Solaranlage für Warmwasser	-6,46%	-17.900€
Kapitalwert	gesamt	-370.470 €

Maßnahmenpaket 2	Interne Verzinsung	Kapitalwert
Dämmung Außenwand	-3,88 %	-75.850 €
Fenster neu	-2,73 %	-28.500 €
Dach/ Dämmung neu	-7,65 %	-252.400 €
Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Wandheizung	-1,22%	-30.160 €
Solaranlage für Warmwasser	-6,46%	-17.900€
Kapitalwert	gesamt	-407.810 €

Maßnahmenpaket 3	Interne Verzinsung	Kapitalwert
Dämmung Außenwand	-3,88 %	-75.850 €
Fenster neu	-2,73 %	-28.500 €
Dach/ Dämmung neu	-7,65 %	-252.400 €
Lüftung mit Wärmerückgewinnung	-0,51 %	-4.180 €
Solaranlage für Warmwasser	-6,46%	-17.900€
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-
Kapitalwert	gesamt	-370.470 €

Maßnahmenpaket 4	Interne Verzinsung	Kapitalwert
Dämmung Außenwand	-3,88 %	-75.850 €
Fenster neu	-2,73 %	-28.500 €
Dach/ Dämmung neu	-7,65 %	-252.400 €
Lüftungsanlage zur reinen Belüftung inkl. Wandheizung	-1,22%	-30.160 €
Solaranlage für Warmwasser	-6,46%	-17.900€
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-
Kapitalwert	gesamt	-407.810 €

4.6 Ökonomische Betrachtung

Durch die Durchführung von untersuchten Maßnahmenkombinationen kann der spez. Transmissionswärmeverlust **HT** auf einen Wert von **0,316 W/m²K** und der spez. Primärenergiebedarf **Qp** auf ein Wert von **65,4 kWh/(m²a)** reduziert werden.

Die Zielwerte können Sie der folgenden Tabelle entnehmen

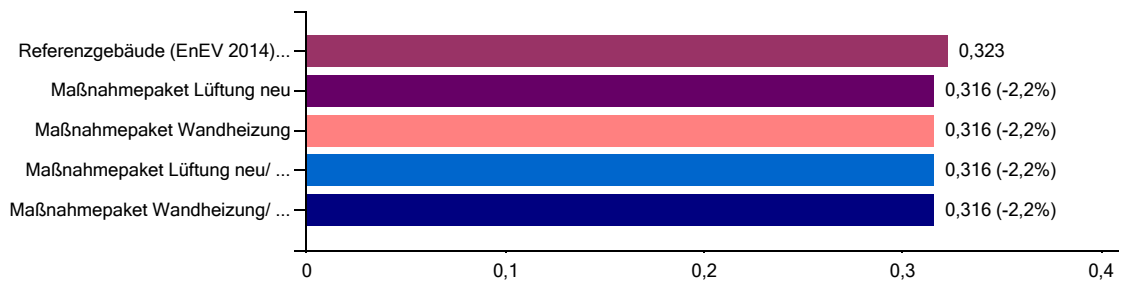
Vorgaben / Zielwerte	Qp [kWh/(m²a)]	H'T [W/(m²K)]	Tilgungszuschuss (Programm 277)	
Referenzgebäude	38,10	0,323	--	--
KfW-Effizienzhaus Denkmal	60,96	0,438	7,5 %	max. 75 € / m²
KfW-Effizienzhaus 100	38,10	0,274	10,0 %	max. 100 € / m²
KfW-Effizienzhaus 70	26,67	0,191	17,5 %	max. 175 € / m²

Erreichter Effizienzhausstandard:

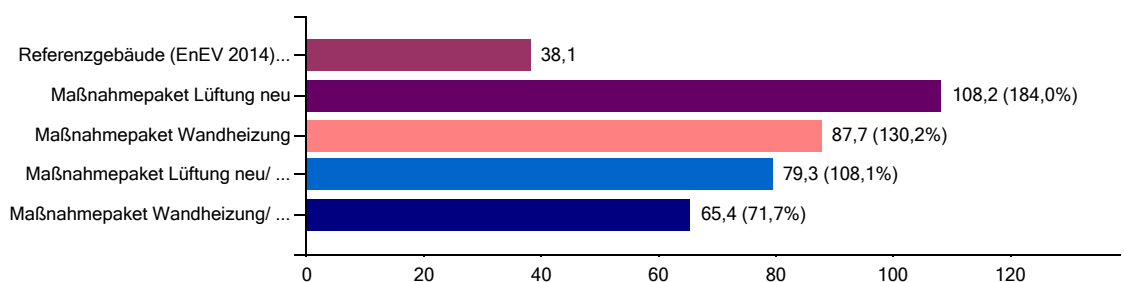
Maßnahmenpaket 1, 2 & 3 erreichen nach der Umsetzung der untersuchten Maßnahmen **keinen Effizienzhausstandard**.

Maßnahmenpaket 4 erreicht nach der Umsetzung der untersuchten Maßnahmen den Effizienzhausstandard von **KfW-Effizienzhaus 100**

Transmissionwärmeverlust H'T [W/(m²K)]



spez. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]



Maßnahmenpaket 4	Qp [kWh/(m²a)]	H'T [W/(m²K)]	Tilgungs-Zuschuss (277)	Amort.-dauer (430)
Maßnahmenpaket KfW-Effizienzhaus 100	65,4	0,316	10,0 % 71.800 €	54 Jahre *

Alternativ zu der KfW- Förderung kommt in diesem Fall auch die **Klimaschutz-Plus Förderung** in Frage, diese würde bei:

Maßnahmenpaket 1 & 3 in der Höhe von ca. **32.000 €** ausfallen

Maßnahmenpaket 2 & 4 in der Höhe von ca. **43.000 €** ausfallen.

Die Amortisationsdauer bei Maßnahme Paket 1 = 68 Jahre

Die Amortisationsdauer bei Maßnahme Paket 2 = 57 Jahre

Die Amortisationsdauer bei Maßnahme Paket 3 = 68 Jahre

Die Amortisationsdauer bei Maßnahme Paket 4 = 57 Jahre

5. Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass eine große Energieeinsparung durch das Maßnahmenpaket erzielt werden kann.

EMPFEHLUNG:

Umsetzung des Maßnahmenpaketes 4

Da das alte Dach der Sporthalle undicht und eine Erneuerung unumgänglich ist, spielt die Amortisation in diesem Falle eine untergeordnete Rolle. Dennoch sollte bei einer Erneuerung des Daches noch eine zusätzliche Dämmschicht eingebaut werden.

6. Überlassungsbedingungen

Für Ihr Gebäude wurde das Energiegutachten nach den Richtlinien des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführkontrolle (BAFA) durchgeführt. Auf der Grundlage der Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Unterlagen wurde eine computergestützte Energiediagnose erstellt. Es wurden die Energieverluste der einzelnen Bauteile und der Heizungsanlage berechnet.

Zunächst wird der Ist-Zustand ermittelt und Schwachstellen oder Bauschäden festgehalten. Aufgrund der Analyse werden Ihnen Maßnahmen zur Sanierung vorgeschlagen. Die Effektivität der Maßnahmen wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung und Schadstoffbelastung beurteilt. Bei dieser Energiediagnose wurden die Grundlagen der Wärmeschutzverordnung EnEV und DIN V 18599 berücksichtigt. Die Einflüsse des Nutzerverhaltens wurden bei diesem Verfahren so gut wie möglich berücksichtigt.

Diese Berechnung ermöglicht eine Beurteilung der reinen Bausubstanz sowie der Anlagentechnik. Da in den meisten Fällen von einem „Normnutzerverhalten“ und von „Mittleren Klimadaten“ ausgegangen wird, lässt der Vergleich des theoretisch berechneten Energiebedarfs und des tatsächlichen Energieverbrauchs unter Umständen Rückschlüsse auf das eigene Nutzerverhalten zu. Dieses Energiegutachten, soll Ihnen helfen, wirtschaftlich sinnvolle und umweltentlastende Maßnahmen zur Energieeinsparung in Ihrem Hause durchzuführen. Bitte Beachten Sie hierbei, dass die im Bericht genannten Einsparungen Richtwerte darstellen und von den tatsächlichen Verhältnissen abweichen können.

Dieses Energiegutachten haben wir sorgfältig und gewissenhaft nach dem derzeitigen Erkenntnisstand von Wissenschaft und Praxis durchgeführt. Es begründet kein vertragliches Rechtsverhältnis und keine Nebenverpflichtungen. Sämtliche Angaben, Empfehlungen oder sonstigen Informationen in diesem Bericht und sämtliche zur Verfügung gestellten Berechnungen basieren auf derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen.

Anlagen: Anhang 01
 Anhang 02
 Anhang 03