

Energiegutachten

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

Projekt: Johannes-Kepler-Gymnasium
Bauteil 1
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	11
3.1 Dämmung Außenwand.....	12
3.2 Dämmung oberste Geschossdecke.....	13
3.3 Fenster neu.....	14
3.4 Fernwärme über BHKW in Bauteil 2.....	15
3.5 LED-Beleuchtung.....	15
4. Ergebnisse	16
4.1 Maßnahmenzusammenstellung.....	16
4.2 Grafischer Variantenvergleich.....	16
4.3 Aufteilung nach Kriterien.....	17
4.4 Maßnahmenkombinationen / Ergebnisse.....	18
4.5 Wirtschaftlichkeit.....	19
4.5.1 Einzelmaßnahmen.....	19
4.5.2 Variantenvergleich mit internem Zinsfuß.....	20
4.6 Ökonomische Betrachtung.....	21
5. Zusammenfassung und Empfehlungen	22
6. Überlassungsbedingungen	22
Anhang 01	Anlage Ist-Zustand
Anhang 02	Bauphysik,U-Wertberechnung, Fenster
Anhang 03	Beleuchtung

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 Süd



Ansicht Ost



Ansicht Nord/ West



Ansicht Nord/ Ost



Geometrie

Nettovolumen V	1.334,8 m ³
Nettogrundfläche A _{NGF}	503,7 m ²
Geschosshöhe [m]	2,70 m
Thermische Hüllfläche	881,4 m ²
Fensterfläche	77 m ²
Außentürfläche	7,6 m ²

Objektbeschreibung:

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein Schulgebäude. Im UG befindet sich die Bibliothek der Schule und im EG der Musiksaal. Das Gebäude ist mit einem Satteldach versehen. Die Konstruktion besteht aus gemauerten Außen- und Innenwänden. Es wurde im Jahre 1957 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	Schulgebäude (Nichtwohngebäude)
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	Nah/ Fernwärme
Baujahr	2002
Aufstellungsort	Standardbedingungen beheizt
Detaillierte Kennwerte	
Type:	-
Nennwärmeleistung [kW]	42 kW

Brennstoffverbrauch

Der berechnete Energieverbrauch für Heizung für das untersuchte Gebäude liegt bei 65.961 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 sanier [W/(m ² K)]	U-Wert EnEV [W/(m ² K)]	Bewertung des Ist-Zustandes
Außenswand, AF=Fenster, AT=Außentür				
Fußboden	1,27	1,27	0,35	Schlecht
Außenwände	2,14	0,19	0,28	Sehr schlecht
Oberste Geschossdecke	0,47	0,19	0,20	Mäßig
Fenster	2,70	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 Raumboflächen 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 126,7 kWh/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.

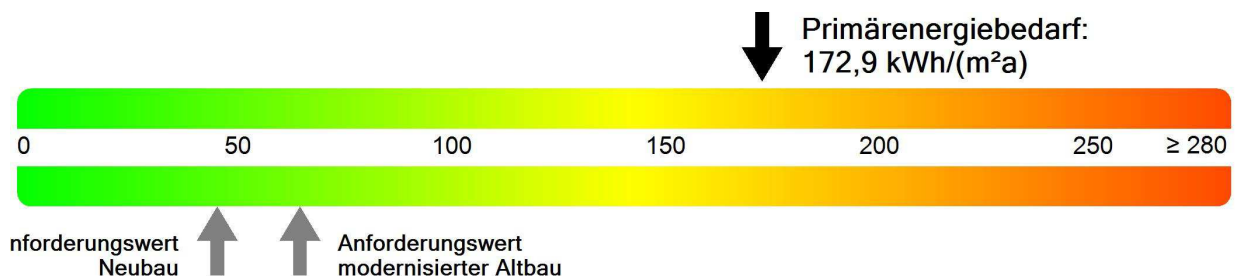
Da Endenergie-Kennwerte unterschiedlicher Energieträger weder ökologisch noch ökonomisch vergleichbar sind, erfolgt die Ausweisung von Energiekennwerten nicht mehr auf der Endenergieebene sondern auf Primärenergieebene.

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 172,9 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.

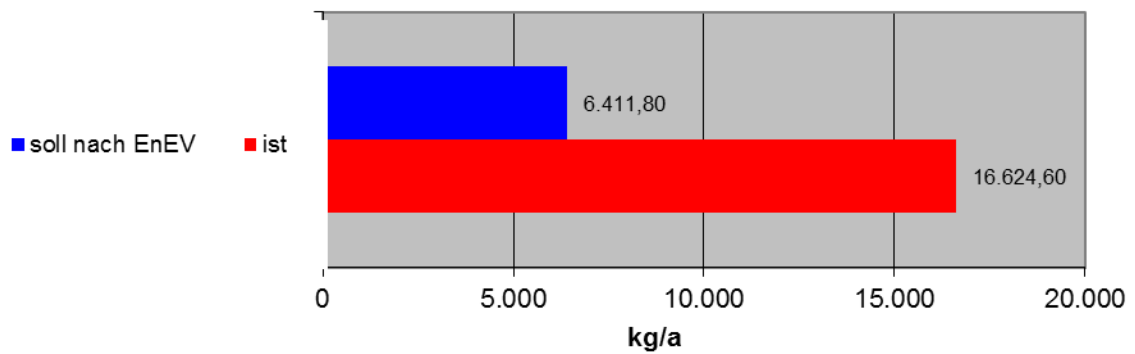
In der nachfolgenden Tabelle sind Emissionsfaktoren nach dem KfW Förderprogramm aufgeführt.

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 CO2/ 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	1,3	0,23

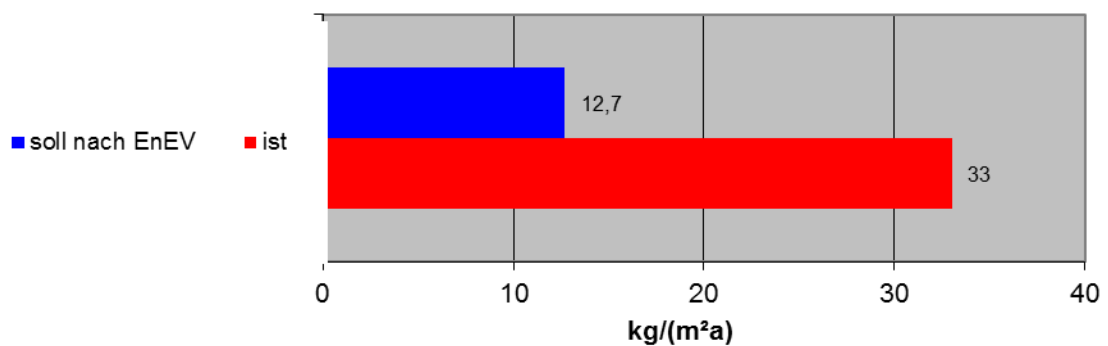
Daraus errechnet sich eine jährliche CO₂-Emissionsbelastung von **16.624,60 kg CO₂**.

Emissionsbelastung



Der Emissionskennwert beträgt somit: **33,0 [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
Zu deckender Nutzenergiebedarf	54.052,77	0,00	–	–
+ Verluste durch Speicherung	0,00	0,00	0,00	0,00
+ Verluste durch Verteilung	4.425,53	0,00	481,06	0,00
+ Verluste durch Übergabe	4.145,85	0,00	25,27	0,00
= erforderliche Erzeugernutzenergie	62.624,15	0,00	–	–
– regenerativer Anteil	0,00	0,00	–	–
+ Verluste durch Erzeugung	687,80	0,00	0,00	0,00
= Endenergiebedarf	63.311,94	0,00	506,33	0,00

Erzeuger	Deckungsanteil [%]
Nah/ Fernwärme	100,00

1.4.5.1 Ergebnisse nach Energieträgern

Bezeichnung	Endenergie absolut [kWh/a]	Endenergie spez. [kWh/m²a]
Nah/ Fernwärme	63.311,9	125,70
Strom-Mix	2.649,3	5,26

Energieverbrauch

Bezeichnung	Endenergie absolut [kWh/a]	Endenergie spez. [kWh/m²a]	Primärenergie absolut [kWh/a]	Primärenergie spez. [kWh/m²a]
Heizung	63.818,27	126,70	83.216,92	165,22
Trinkwarmwasser	0,00	0,00	0,00	0,00
Beleuchtung	2.142,97	4,25	3.857,35	7,66

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.

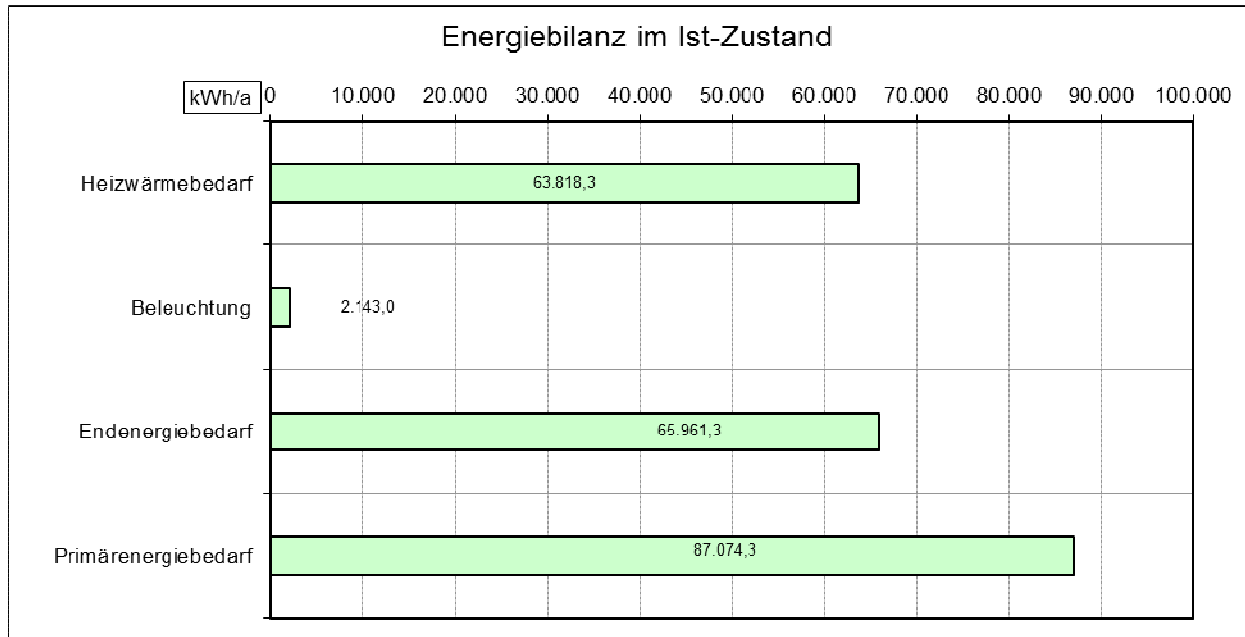
Energieträger

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]	4.118,30
--	----------



Der errechnete Endenergieverbrauch beträgt 65.961,3 kWh/a oder 131,0 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 AW

3.2 Maßnahme:

Dämmung oberste Geschossdecke

3.3 Maßnahme:

Fenster neu

3.4 Maßnahme:

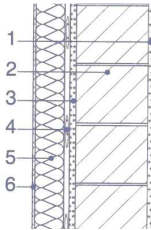
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2

3.5 Maßnahme:

LED Beleuchtung

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. Klebmasse
5. Wärmedämmung
6. neuer Außenputz

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand verbessert sich von 2,14 W/m²K auf 0,19 W/m²K, Fassadenfläche: ca. 250 m² als thermische Gebäudehülle.

Kosten Wärmedämmung: ca. 120,-- €/m².

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

Damit könnten im Jahr ca. **27.551 kWh** eingespart werden.

CO₂-Einsparung **12,7 kg CO₂/m²a** oder **6.365 kg/a**.

Die Einsparung pro Jahr würde ca. **1.519 €** betragen.

Die Investitionskosten betragen ca. **30.000 €**.

Die Förderung Klimaschutz-Plus beträgt **6 t CO₂/a x 50 € x 50 Jahre = 15.000 €**

Die Investitionskosten abzüglich Klimaschutz-Plus betragen ca. **15.000 €**.

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **10 Jahre**.

Die Lebensdauer beträgt 50 Jahre.

Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist wirtschaftlich.

3.2 Dämmung oberste Geschossdecke

Die oberste Geschossdecke wird in diesem Fall mit einer zusätzlichen Isolierschicht auf dem Fußboden gedämmt. Die Energieeinsparung durch eine Dämmung ist im Vergleich zur Dachdämmung im Regelfall geringer, ist aber mit etwas handwerklichem Geschick sehr gut in Eigenleistung zu erbringen. Neben der Energieeinsparung bewirkt die Dämmmaßnahme höhere Oberflächentemperaturen auf der Rauminnenseite. Das bedeutet weniger Fußkälte und mehr Behaglichkeit. Als Nachteil ist das Versetzen der vorhandenen Beleuchtungseinrichtungen anzuführen.

Durch die Dämmung der obersten Geschossdecke mit 10 cm Polystyrolplatten oder Mineralwolle reduziert sich der Wärmedurchgangskoeffizient von 0,47 auf 0,19 W/m²K.

Fläche zusammen: ca. 250 m², mittlere Kosten: ca. 60,- €/m².



Damit könnten im Jahr ca. **2.820 kWh** eingespart werden.

Damit könnten im Jahr **1,3 kg CO₂/ m²a** oder **644 kg CO₂/a** eingespart werden.

Die Einsparung pro Jahr würde ca. **154 €** betragen.

Die Investitionskosten betragen ca. **10.000€**.

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **64 Jahre**.

Die Lebensdauer beträgt 50 Jahre.

Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist nicht wirtschaftlich

3.3 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 2,7 W/m²K auf 0,9 W/m²K.

Fensterflächen ca. 77 m² als thermische Gebäudehülle

Kosten für Fassadenfenster $U = 0,9$ W/m²K: ca. 400 €/m²

Damit könnten im Jahr ca. **10.074 kWh** eingespart werden.

CO₂-Einsparung **4,6 kg CO₂/m²a** oder **2.300 kg/a**

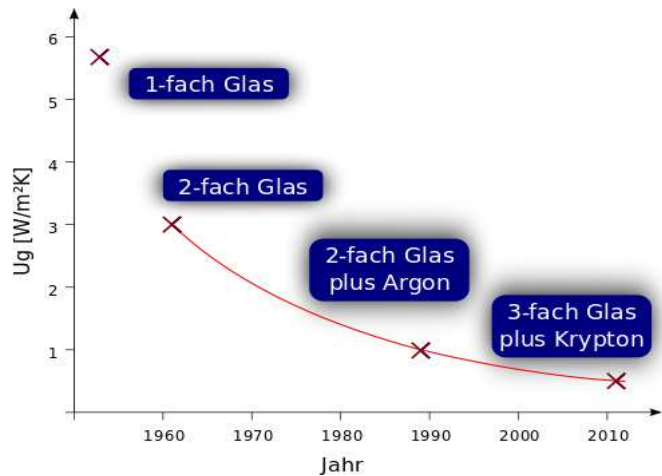
Die Einsparung pro Jahr würde ca. **548 €** betragen.

Die Investitionskosten betragen ca. **30.800 €**.

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **56 Jahre**.

Die Lebensdauer beträgt 50 Jahre.

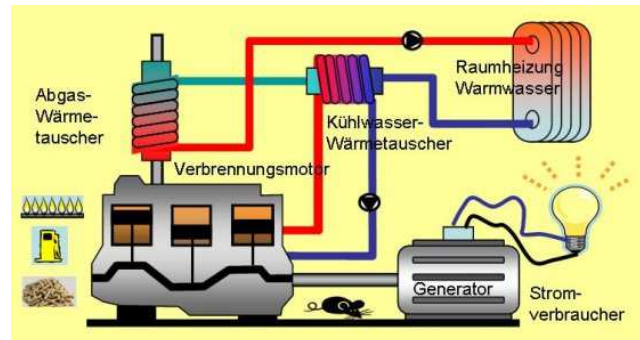
Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist nicht wirtschaftlich.



3.4 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.



3.5 LED-Beleuchtung

In dem untersuchten Gebäude sind ca. 40 Stück T8 Neonröhren mit jeweils 60 W zur Beleuchtung im Einsatz. Dies führt zu einem Stromverbrauch von ca. 2.143 kWh im Jahr nur für die Beleuchtung. Durch den Einsatz von modernen LED-Leuchtmittel lässt sich einiges an Energie einsparen. Durch den Austausch der T8 Röhren gegen LED-Leuchtmittel mit 20 W senkt sich der Verbrauch auf ca. 185 kWh/a. Die neuen LED Leuchtmittel können problemlos in die Fassungen der alten Neonröhren eingebaut werden, lediglich der Starter muss gegen ein Vorschaltgerät getauscht werden.



Damit könnten im Jahr ca. **1.958 kWh** an Energie eingespart werden.

CO₂-Einsparung **3,1 kg CO₂/m²a** oder **1.530 kg/a**

Die Einsparung pro Jahr würde ca. **516 €** betragen.

Die Investitionskosten betragen ca. **2.000 €**.

Die Kapitalrückflusszeit beträgt ca. **4 Jahre**.

Diese Maßnahme als Einzelmaßnahme ist wirtschaftlich.

4. Ergebnisse

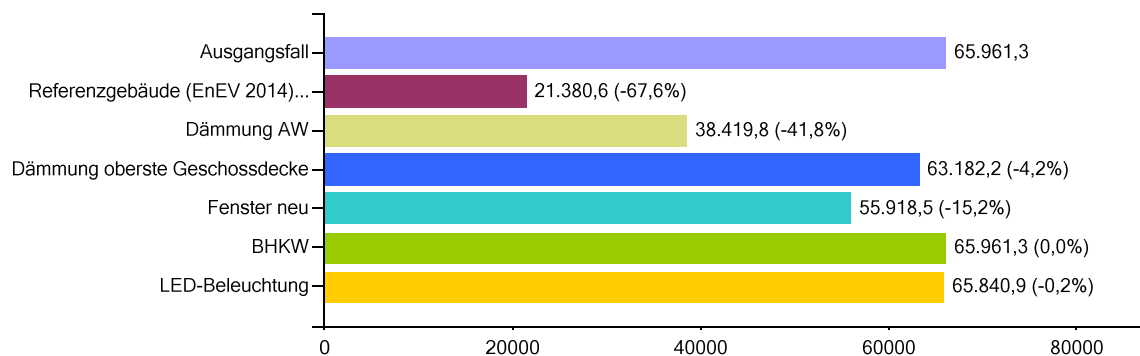
4.1 Maßnahmenzusammenstellung

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

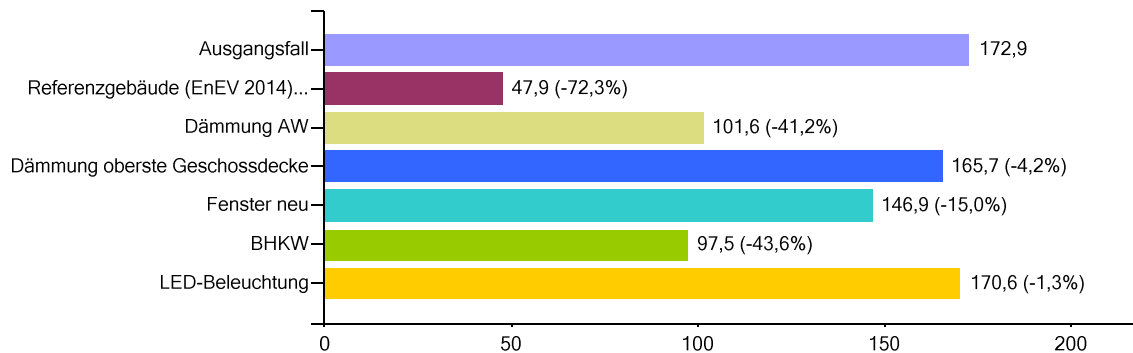
	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Energie- einsparung	Kapital- einsparung	Amortisati- ons dauer
	Euro	a	kWh/a	EUR/a	a
Ist	0	-	-	-	-
Dämmung Außenwand	30.000	50	27.551	1.519	10
Dämmung oberste Geschossdecke	10.000	50	2.820	154	64
Fenster neu	30.800	50	10.074	548	56
BHKW in Bauteil 2	-	-	-	-	-
LED-Beleuchtung	2.000	10	1.984	516	4

4.2 Grafischer Variantenvergleich

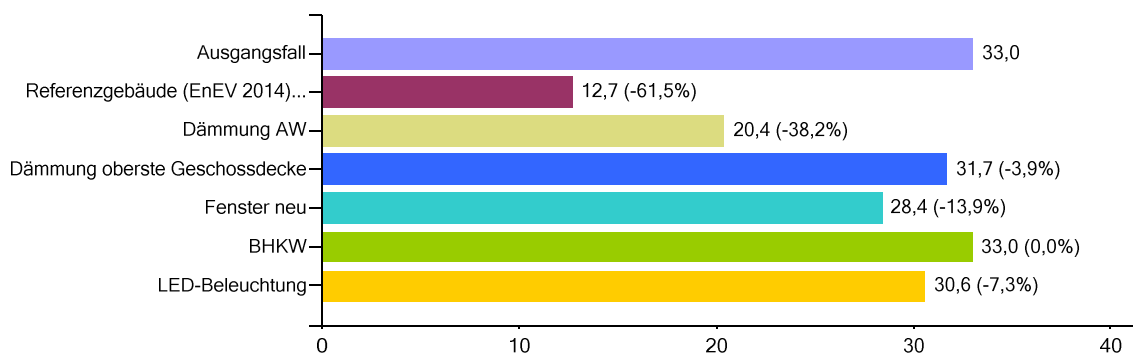
Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]



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	LED Beleuchtung	höchste Amortisation
2	Dämmung AW	größte Kosteneinsparung
3	Fenster neu	Alter der Fenster
4	Dämmung oberste Geschossdecke	Energieeinsparung

4.4 Maßnahmenkombinationen / Ergebnisse

Nachfolgend werden zwei Maßnahmenpakete untersucht und entsprechend verglichen.

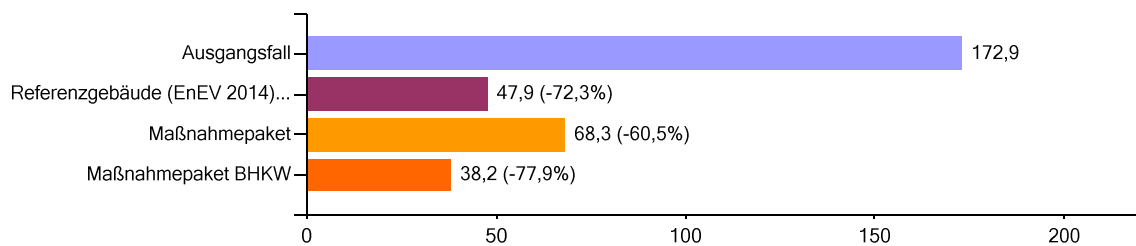
Maßnahmenpaket 1

Einzelmaßnahmen	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Energie- einsparung	Kapital- einsparung
	Euro	a	kWh/a	EUR/a
Dämmung Außenwand	30.000	50	27.551	1.519
Dämmung oberste Geschossdecke	10.000	50	2.820	154
Fenster neu	30.800	50	10.074	548
LED-Beleuchtung	2.000	10	1.984	516
Maßnahmenpaket 1	72.800	50/10	39.842	2.522

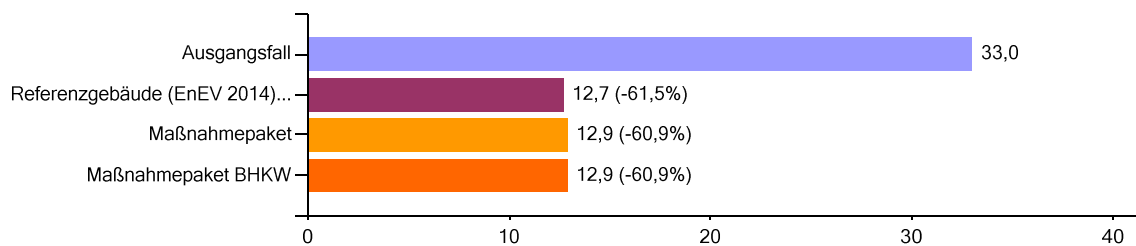
Maßnahmenpaket 2

Einzelmaßnahmen	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Energie- einsparung	Kapital- einsparung
	Euro	a	kWh/a	EUR/a
Dämmung Außenwand	30.000	50	27.551	1.519
Dämmung oberste Geschossdecke	10.000	50	2.820	154
Fenster neu	30.800	50	10.074	548
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-	-	-
LED-Beleuchtung	2.000	10	1.984	516
Maßnahmenpaket 2	72.800	50/10	37.842	2.522

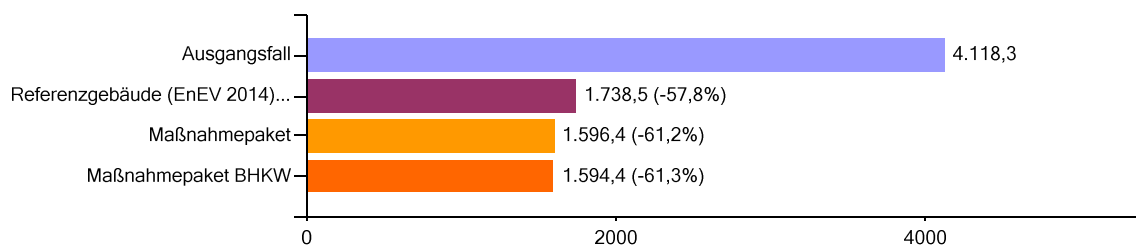
spez. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]



spez. CO2-Emissionen [kg/(m²a)]



Energiekosten [€/a]



4.5 Wirtschaftlichkeit

4.5.1 Einzelmaßnahmen

Maßnahme	Interne Verzinsung	Kapitalwert
Dämmung Außenwand	5,32 %	45.950 €
Dämmung oberste Geschossdecke	-2,99 %	-2.300 €
Fenster neu	1,45 %	-3.400 €
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-
LED-Beleuchtung	17,21 %	3.160 €

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	2.597	10	4.641	5,33 %
Dämmung oberste Geschossdecke	3.965	64	5.776	-2,99 %
Fenster neu	3.568	56	5.516	1,47 %
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-	-	-
LED Beleuchtung	3.704	4	5.329	17,21 %

Maßnahmenpaket 1	Interne Verzinsung	Kapitalwert
Dämmung Außenwand	5,33 %	45.950 €
Dämmung oberste Geschossdecke	-2,99 %	-2.300 €
Fenster neu	1,44 %	-3.400 €
LED-Beleuchtung	24,06 %	3.160 €
Kapitalwert	gesamt	43.410 €

Maßnahmenpaket 2	Interne Verzinsung	Kapitalwert
Dämmung Außenwand	5,32 %	45.950 €
Dämmung oberste Geschossdecke	-2,99 %	-2.300 €
Fenster neu	1,44 %	-3.400 €
Fernwärme über BHKW aus Bauteil 2	-	-
LED-Beleuchtung	24,06 %	3.160 €
Kapitalwert	gesamt	43.410 €

4.6 Ökonomische Betrachtung

Durch die Durchführung von untersuchten Maßnahmenkombinationen kann der spez. Transmissionswärmeverlust **HT** auf einen Wert von **0,244 W/m²K** und der spez. Primärenergiebedarf **Qp** auf ein Wert von **38,2 kWh/(m²a)** reduziert werden.

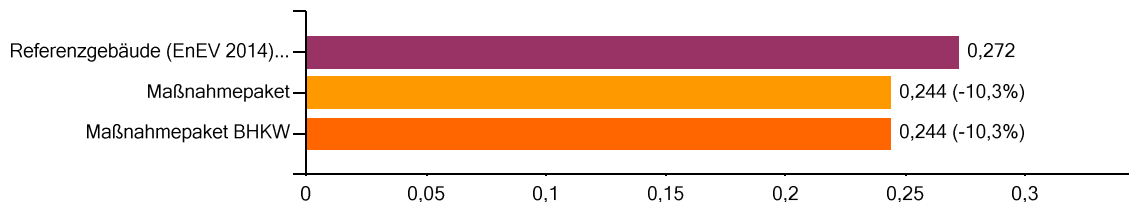
Die Zielwerte können Sie der folgenden Tabelle entnehmen

Vorgaben / Zielwerte	Qp [kWh/(m ² a)]	H'T [W/(m ² K)]	Tilgungszuschuss (Programm 277)	
Referenzgebäude	47,90	0,272	--	--
KfW-Effizienzhaus Denkmal	76,64	0,371	7,5 %	max. 75 € / m ²
KfW-Effizienzhaus 100	47,90	0,232	10,0 %	max. 100 € / m ²
KfW-Effizienzhaus 70	33,53	0,163	17,5 %	max. 175 € / m ²

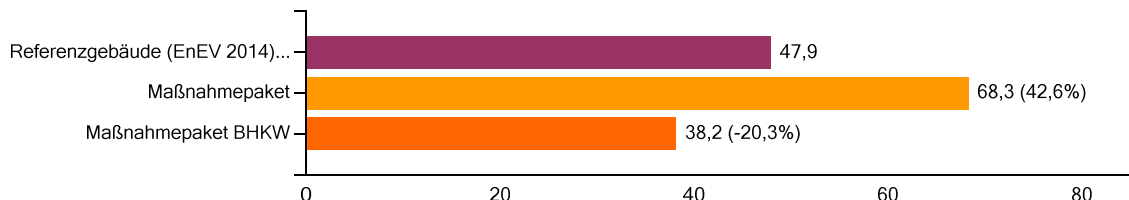
Erreichter Effizienzhausstandard:

Die **Maßnahmenpakete 1 & 2** erreichen nach der Umsetzung der untersuchten Maßnahmen **keinen Effizienzhausstandard**.

Transmissionwärmeverlust H'T [W/(m²K)]



spez. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]



5. Zusammenfassung und Empfehlungen

Alternativ zu der KfW- Förderung kommt in diesem Fall die **Klimaschutz-Plus Förderung** in Frage, diese würde bei beiden Maßnahmepaketen in der Höhe von ca. **15.000 €** ausfallen.

Die Amortisationsdauer bei Maßnahme Paket 1 = 29 Jahre

Die Amortisationsdauer bei Maßnahme Paket 2 = 29 Jahre

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass eine gute Energieeinsparung durch das Maßnahmepaket 2 erzielt werden kann.

EMPFEHLUNG:

Umsetzung des Maßnahmenpaketes 2

6. Überlassungsbedingungen

Für Ihr Gebäude wurde das Energiegutachten nach den Richtlinien des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführung (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