

## Energieberatungsbericht

### Grundschule Adendorf: Lehrerhaus



Gebäude: Neue Schule 11-13  
53343 Wachtberg

Auftraggeber: T.B.E. Technische Beratung Energie GmbH  
Herr Sven Bitter  
Theodor-Heuss-Str. 3-5  
47167 Duisburg

Variante: Lehrerhaus

Erstellt von: Energieagentur Rhein-Main  
Dipl.-Ing. Olaf Strenge

Franziusstraße 8-14  
60314 Frankfurt  
069 904367942  
E-Mail: strenge@earm.de

Erstellt am: 22.06.2009  
Geändert am: 22.06.2009

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Allgemeine Angaben zum Gebäude.....	4
3	Ist-Zustand des Gebäudes .....	5
3.1	Zonierung .....	5
3.2	Gebäudehülle .....	6
3.3	Anlagentechnik.....	7
3.4	Beleuchtung .....	12
3.5	Energieverbrauch im Ist-Zustand .....	13
4	Energetische Bewertung des Ist-Zustands .....	14
4.1	Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen .....	15
4.2	Energiebilanz .....	16
4.3	Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger .....	17
5	Sanierungsmaßnahmen .....	18
5.1	Zusammenfassung.....	18
5.2	Textliche Zusammenfassung .....	19
5.3	Variante 1: Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke) .....	20
5.4	Variante 2: Anlagentechnik .....	23
5.5	Variante 3: Beleuchtung .....	26
6	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	29
7	Anhang.....	32
7.1	Erläuterung der Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	32
7.2	Brennstoffdaten .....	33
7.3	Übersicht der verwendeten Normen.....	34

# 1 Einleitung

Für das Lehrerhaus der Grundschule Adendorf ist ein bedarfsorientierter Energieausweis zu erstellen. Zusätzlich soll eine Energieberatung aufzeigen, in welchen Bereichen Energieeffizienzmaßnahmen sinnvoll umgesetzt werden können. Als Grundlage für die Ermittlung von Energieeffizienzmaßnahmen dient der bedarfsorientierte Energieausweis.

Die vorzuschlagenden Maßnahmen sollen

- ◆ *die Bausubstanz erhalten und schützen,*
- ◆ *gesetzliche Verordnungen entsprechen,*
- ◆ *wirtschaftlich sinnvoll sein,*
- ◆ *die Energiekosten dauerhaft reduzieren,*
- ◆ *den Primärenergieverbrauch deutlich senken*

Die im Folgenden ermittelten Ergebnisse für den Primärenergiebedarf des Gebäudes basieren auf dem Berechnungsverfahren der DIN V 18599 und bezieht sich auf die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (EnEV 2007). Die Berechnungen wurden mit der Software Energieberater der Firma Hottgenroth durchgeführt. Fehlende Angaben und weitere Daten wurden den Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand vom 26.07.2007 entnommen.

Wir bedanken uns für die gute Zusammenarbeit und hoffen Ihnen ausreichend Informationen weitergeben zu können.

Energieagentur Rhein-Main  
Dipl.-Ing. Martin Kutschka

Frankfurt, 23. Juni 2009

---

Dipl.-Ing. Olaf Strenge

## 2 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Objekt: Neue Schule 11-13  
53343 Wachtberg

### Beschreibung:

Baujahr Gebäude: 1967  
Baujahr Wärmeerzeuger: ca. 2000  
Baujahr Klimaanlage:

Gebäudeart: Nicht-Wohngebäude  
Gebäudetyp: Bestandsgebäude

### Geometrie:

Nettogrundfläche	$A_{NGF}$ :	153 m <sup>2</sup>
Nutzfläche (0,32 $V_e$ )	$A_N$ :	150 m <sup>2</sup>
Hüllfläche	A:	418 m <sup>2</sup>
Volumen (automatisch aus Zonen-Nettovolumen)	$V_e$ :	469 m <sup>3</sup>
Luftvolumen	V:	376 m <sup>3</sup>

### Angaben zur Gebäudegeometrie (zur Bestimmung der Standardleitungslängen):

Vollgeschosse	$n_G$ :	1
Geschosshöhe	$h_G$ :	2,65 m
Charakteristische Breite	B:	10,00 m
Charakteristische Länge	L:	11,60 m

### Referenzklima:

Klimareferenzort:	Deutschland
Norm-Außentemperatur	$\vartheta_{e,}$ : -12 °C
Mittl. Außentemperatur	$\vartheta_{e,mittel}$ : 8,9 °C
Außentemperatur Juli	$\vartheta_{Jul}$ : 24,6 °C
Außentemperatur September	$\vartheta_{Sep}$ : 18,9 °C

## 3 Ist-Zustand des Gebäudes

### 3.1 Zonierung

Die Zonierung des Gebäudekomplexes erfolgt im ersten Schritt durch die Bildung von Bereichen gleicher Nutzung entsprechend der in DIN V 18599-14 definierten Nutzungsrandbedingungen. Im nächsten Schritt erfolgt eine weitere Unterscheidung hinsichtlich der Konditionierung bzw. der Ausstattung mit Lüftungs- und klimatechnischen Versorgungssystemen. Zur Vereinfachung der Gebäudebilanzierung sollten nach DIN V 18599-1 Abs. 6 nur so viele Zonen gebildet werden, dass die wichtigsten Unterschiede innerhalb eines Gebäudes angemessen berücksichtigt werden können.

Das Gebäude wurde in folgende Zonen aufgeteilt:

Nr.	Zone	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]	Hüllfläche [m <sup>2</sup> ]	Konditionierung
1	Verkehrsfläche	38,24	25,08	69,45	Heizung + Beleuchtung
2	Lager, Archiv	37,68	24,71	102,78	Heizung + Beleuchtung
3	Küche	6,26	4,10	15,19	Heizung + Beleuchtung + TWW
4	Lehrerzimmer	54,00	35,41	143,12	Heizung + Beleuchtung
5	Einzelbüro	14,52	9,52	78,86	Heizung + Beleuchtung
6	WC	1,80	1,18	8,15	Heizung + Beleuchtung
7	Lager unbeh.	(40,42)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
	Σ	152,50	Σ	417,55	

\* Für die Berechnung der Nettogrundfläche nach EnEV werden nur beheizte/gekühlte Zonen berücksichtigt.

## 3.2 Gebäudehülle

Die Gebäudeanalyse dient der Darstellung des Ist - Zustandes. Liegen keine energetischen Kennwerte der Bauteile vor, so sind diese der, Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäude' der Energieeinsparverordnung 2007 entnommen.

### 3.3 Anlagentechnik

Versorgungsbereiche sind Bereiche, die von der gleichen Technik (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung usw.) versorgt werden.

Ein Versorgungsbereich kann sich dabei über mehrere Zonen erstrecken, eine Zone kann mehrere Versorgungsbereiche umfassen, Zone und Versorgungsbereich können aber auch identisch sein.

Für einen Versorgungsbereich werden die Technik, die Kreise (Verteilung) sowie die Übergeben, d. h. die versorgten Zonen, angegeben.

Ein <sup>1</sup> hinter einer Bezeichnung bedeutet, dass vom Standardwert der Norm abgewichen wurde.

#### Heizungsanlage

Versorgungsbereich  
Versorgte Fläche

Heizwärme-Erzeugung 1  
 $A_{NGF}$  : 152,50 m<sup>2</sup>

#### Erzeuger

Erzeuger	Erzeuger 1
Hersteller:	Junkers
Bezeichnung:	
Typ:	NT-Kessel
Baujahr:	ca. 2000
Brennstoff:	Erdgas E
Aufstellort:	in Zone Verkehrsfläche
Nennleistung <sup>1</sup>	$Q_N$ : 24,00 kW
Betriebsbereitschaftsverlust bei 70°C	$Q_{B,70}$ : 2,38 %
Wirkungsgrad - Nennleistung	$\eta_{k,100}$ : 87,76 %
Wirkungsgrad - Teillast	$\eta_{k,pl}$ : 85,64 %
Mischer vorhanden:	Nein
El. Leistungsaufnahme - Schlummerbetrieb	$P_{aux,SB}$ : 0,00 W
El. Leistungsaufnahme - Teillast	$P_{aux,pl}$ : 0,02 W
El. Leistungsaufnahme - Nennleistung	$P_{aux,100}$ : 0,05 W
El. Kesselregelung vorhanden:	Ja
Pumpenmanagement:	kein integriertes Pumpenmanagement

## Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Anbinde-Leitung	in Zone Verkehrsfläche , Lager, Archiv, Küche...	30,00	0,40
Leitung 2	Strang-Leitung	in Zone Verkehrsfläche , Lager, Archiv, Küche...	8,70	0,40
Leitung 3	Verteilungs-Leitung	in Zone Verkehrsfläche , Lager, Archiv	24,00	0,40

## Pumpen

Pumpe	Regelung	Hydr. Abgleich	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]
Pumpe 1	ungeregelt	Nein	59,20	65,80

Heizkreis  
 Art des Rohrnetzes:  
 Auslegungstemperatur:

Verteilung 1  
 Zweirohrheizung  
 70/55°C

## Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Verkehrsfläche	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 2	Lager, Archiv	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 3	Küche	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 4	Lehrerzimmer	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 5	Einzelbüro	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 6	WC	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)

\* Prozentualer Anteil, mit der o. g. Warmwasserkreis die Zone versorgt.

## Trinkwarmwasseranlage

Versorgungsbereich  
Versorgte Fläche

Warmwasser-Erzeugung 1  
 $A_{NGF}$ : 6,26 m<sup>2</sup>

### Erzeuger

Erzeuger:

Erzeuger 1  
dezentral - Elektro-  
Durchlauferhitzer

Typ:

Nennleistung

$Q_N$ : 2,00 kW

Baujahr:

ca. 2000

Brennstoff:

Strom-Mix

### Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Anbinde-Leitung	in Zone Küche	1,00	0,40

TWW-Kreis

Art der Verteilung:

Art der Zirkulation:

DHWKkreis 1

dezentral / wohnungszentral

ohne Zirkulation

### Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Küche	100,00	-	-

\* Prozentualer Anteil, mit der o. g. TWW-Kreis die Zone versorgt.

## Kühlungsanlage

Keine Anlagentechnik vorhanden!

## Lüftungsanlage

Keine Anlagentechnik vorhanden!

### 3.4 Beleuchtung

Gebäude: Überwiegend Leuchtstoffröhren mit KVG. In den einzelnen Zonen wurden hauptsächlich 500 lx als Beleuchtungsstärke verwendet. Teilweise sind Glühlampen eingesetzt.

Präsenzmelder: nein

Tageslichtsteuerung: nein

### **3.5 Energieverbrauch im Ist-Zustand**

Es sind keine spezifischen Energieverbrauchsdaten ausgewiesen.

## 4 Energetische Bewertung des Ist-Zustands

Der Energiebedarf wird durch den **Jahres-Primärenergiebedarf** und den **Endenergiebedarf** für die Anteile Heizung, Warmwasserbereitung, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen (falls vorhanden) und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z. B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperaturen und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

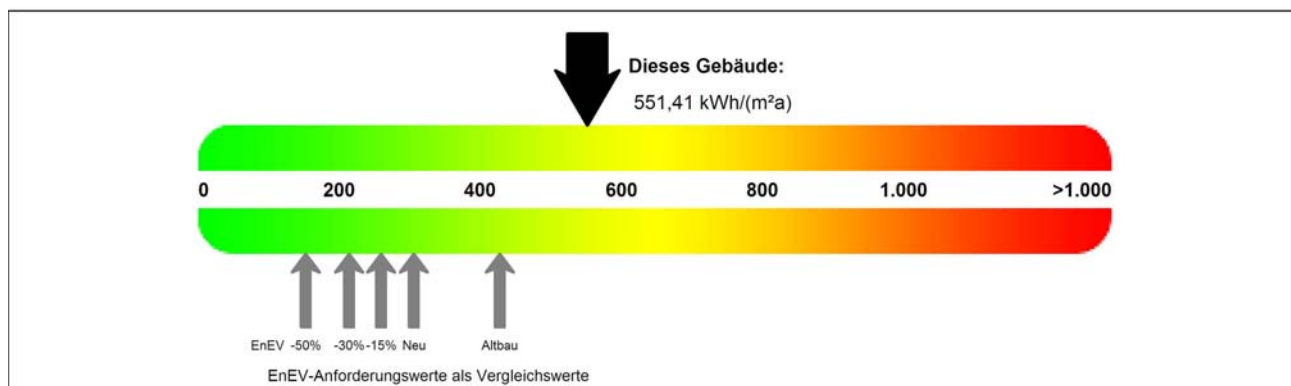
## 4.1 Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nettogrundfläche sowie des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten.

Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Nettogrundfläche für Neubauten ergibt sich aus dem Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung, das hinsichtlich seiner Ausführung bestimmten Anforderungen entspricht. Die Anforderungen sind in der Energieeinsparverordnung - EnEV 2007 Anlage 2 Tabelle 1 aufgelistet.

Der Primärenergiebedarf umfasst Heizung, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung. Die Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten sind in der EnEV 2007 Anlage 2 Tabelle 2 aufgelistet.

Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Nettogrundfläche sowie der spezifische Transmissionswärmeverlust für modernisierte Altbauten darf den Höchstwert für den Neubau um maximal 40 % übersteigen.

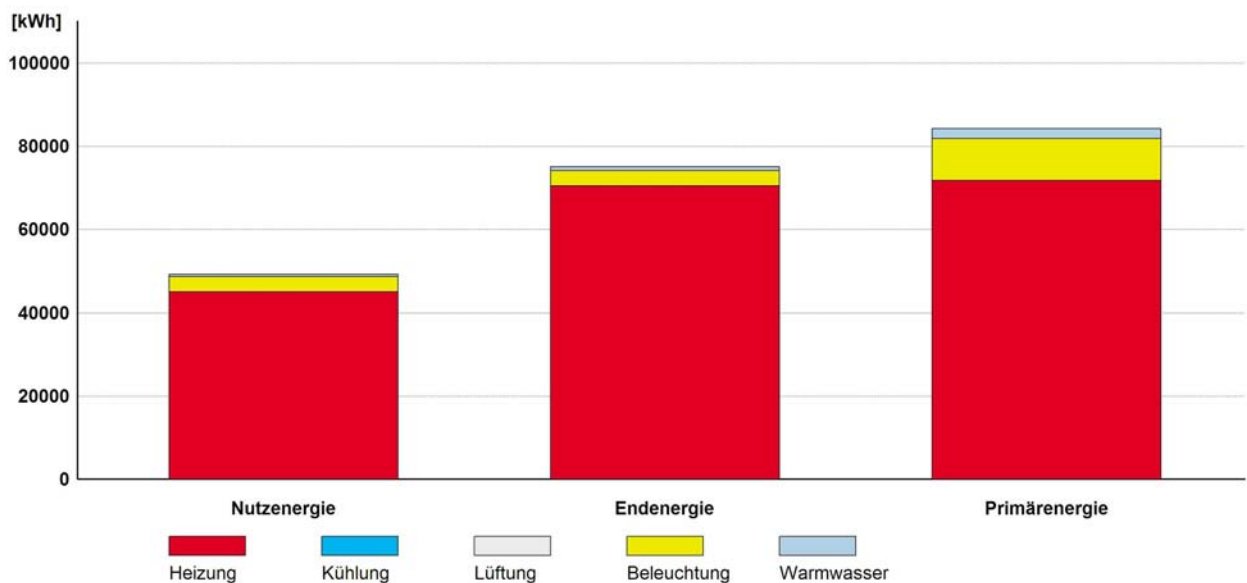


	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	EnEV -15%	EnEV -30%	EnEV -50%
Jahres-Primärenergiebedarf $q_p$ [kWh/(m²a)]	551,41	427,66	305,47	259,65	213,83	152,74
Transmissionswärmeverlust $H_t$ [W/(m²K)]	1,05	0,66	0,47	0,40	0,33	0,23

Gebäudeart:	Nicht-Wohngebäude
Gebäudetyp:	Bestandsgebäude
Energiebezugsfläche	$A_{EBF}$ : 153 m²
Hüllfläche	$A$ : 418 m²
Volumen	$V_e$ : 469 m³
$A/V_e$ -Verhältnis	$A/V_e$ : 0,89 1/m
Fensterflächenanteil	$\Delta A_{GEB}$ : 18,69 %

## 4.2 Energiebilanz

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Nutzenergie	49374 323,76	44991 295,03	0 0,00	0 0,00	3753 24,61	630 4,13
Endenergie	75059 492,19	70439 461,89	0 0,00	0 0,00	3753 24,61	867 5,69
Primärenergie	84090 551,41	71616 469,61	0 0,00	0 0,00	10132 66,44	2342 15,36



## Erläuterungen

### Nutzenergie

Als Nutzenergie bezeichnet man, vereinfacht ausgedrückt, die Energiemenge, die zur Beheizung oder Kühlung eines Gebäudes sowie zur Erstellung des Warmwassers unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Die Nutzenergie ist die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Gewinne.

### Endenergiebedarf

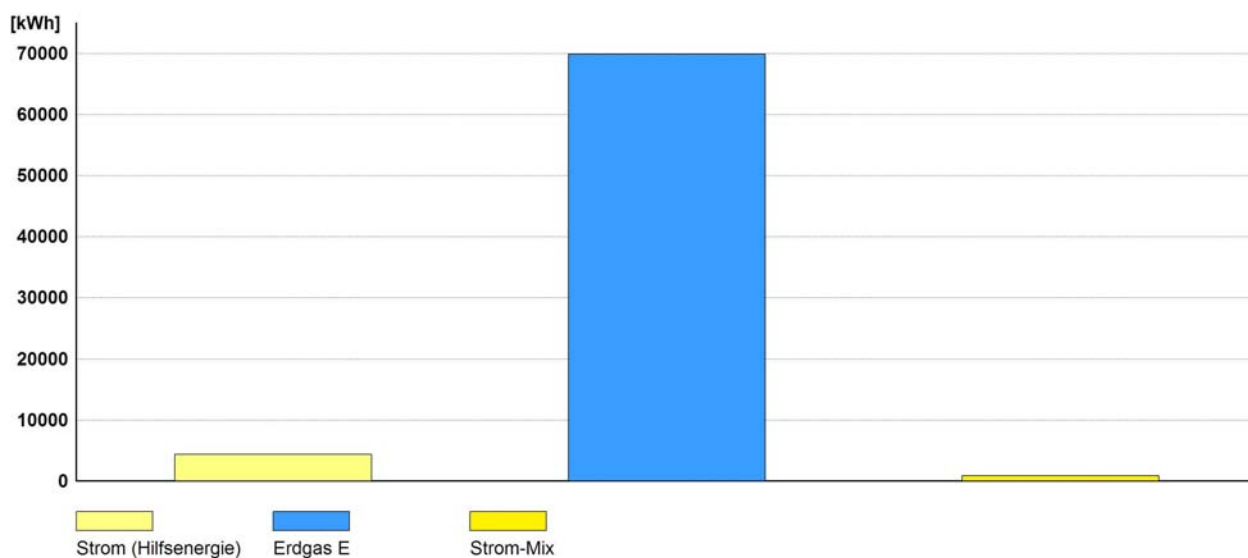
Der Endenergiebedarf umfasst die vorgenannte Nutzenergie und die Anlagenverluste einschließlich der Hilfsenergie. Die Endenergie entspricht der eingekauften Energiemenge des Gebäudenutzers.

### Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte Vorkette (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) des jeweils eingesetzten Energieträgers. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

### 4.3 Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger

Energieträger	Gesamt [kWh]	Heizung [kWh]	Kühlung [kWh]	Lüftung [kWh]	Beleuchtung [kWh]	Warmwasser [kWh]
Strom (Hilfs...	4315	542	0	0	3753	21
Erdgas E	69897	69897	0	0	0	0
Strom-Mix	847	0	0	0	0	847



## 5 Sanierungsmaßnahmen

Die vorgeschlagenen Energieeffizienzmaßnahmen sollen aufeinander aufbauend und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte den Energiebedarf und damit die Energiekosten des Gebäudes nachhaltig reduzieren.

### 5.1 Zusammenfassung

Die wesentlichen Ergebnisse der wichtigsten Sanierungsvorschläge sind in tabellarischer Form dargestellt und ermöglichen so einen schnellen Überblick über die Ergebnisse.

Gebäudetyp	Lehrerhaus			
Baujahr Gebäude	1967			
Baujahr Heizung	ca. 2000			
Baujahr Lüftungsanlage	keine			
Baujahr Kühlung	keine			
<b>Ergebnisse (ca.)</b>	Einheit	Variante 1 Dämmen d. Außenwand und der oberen Ge- schossdecke)	Variante 2 Modernisierung der Anlagentechnik	Variante 3 Modernisierung der Beleuchtung
Investitionskosten	Euro	18.000	9.000	1.500
Brennstoffkosteneinsparung	%/Jahr	29,3	10,9	4,4
Zinssatz	%	2,5	2,5	2,5
Amortisationsdauer	Jahre	11	14	7
Betrachtungszeitraum	Jahre	30	15	15
Wirtschaftlichkeit		hoch	gering	mittel

## 5.2 Textliche Zusammenfassung

Der theoretische Wert des Energieausweises weicht wahrscheinlich erheblich vom tatsächlichen Verbrauch des Gebäudes ab. Dies beruht auf dem groben Nutzungsprofil für die Gebäudezonen und deren Anlagentechnik, welches durch die DIN 18599 vorgegeben wird. Trotzdem können aus den entsprechenden Kennwerten des Gebäudes Energiesparmaßnahmen abgeleitet werden.

### Weitere Energieeffizienzmaßnahmen

#### Fenster

Die Fenster verfügen über eine Isolierverglasung. Durch den Einsatz von Wärmeschutzverglasung kann der Energieverbrauch weiter gesenkt werden.

#### Kellerdecke

Die Dämmung der Kellerdecke ist wahrscheinlich eine wirtschaftliche Maßnahme, die außerdem mit wenig Aufwand verbunden ist.

Konkrete Sanierungsvorschläge mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung folgen auf den nächsten Seiten.

### **5.3 Variante 1: Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)**

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

#### **Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 1 -**

**Außenwände:** Außenwanddämmung mit einem Wärmedämmverbundsystem. Oberseitige Dämmung der obersten Geschossdecke (nicht begehbar).

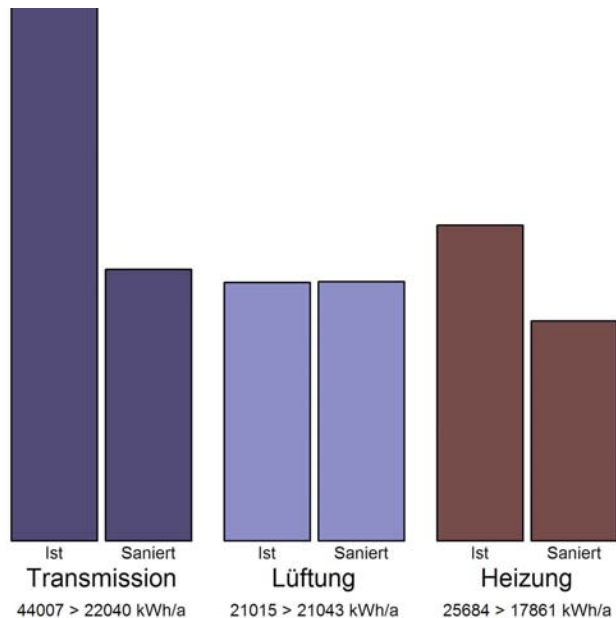
#### **Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 1 -**

keine Maßnahme

## Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **36 %**.

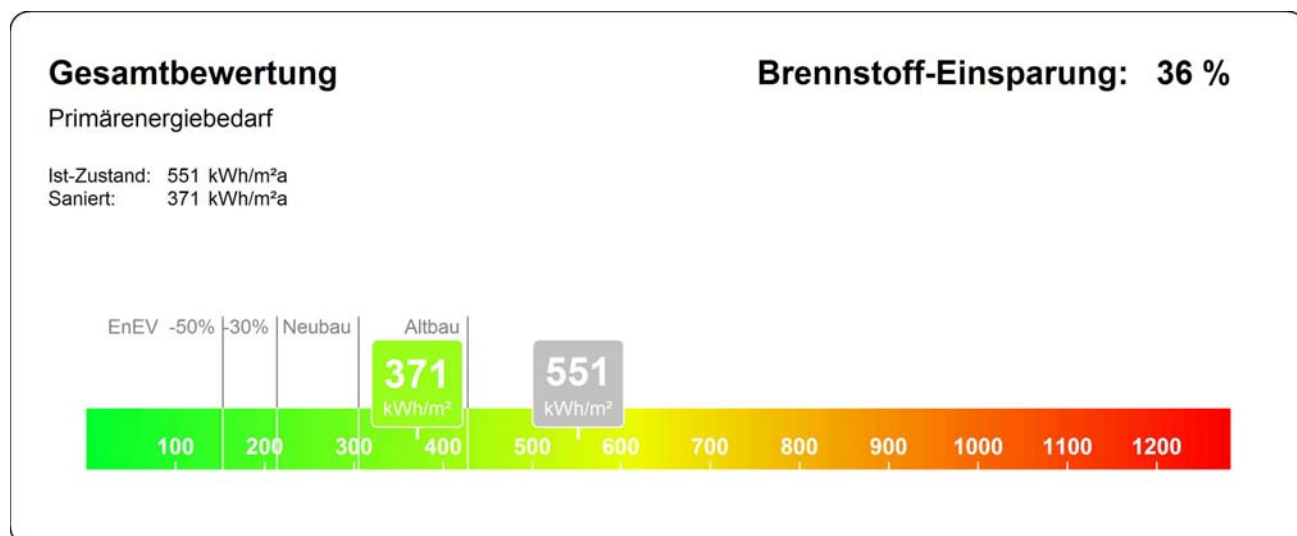
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 75059 kWh/Jahr reduziert sich auf 47935 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 27123 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 6182 kg/a kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **371 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	17.482 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>17.482 EUR</b>
--	---	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Kosten bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtkosten:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	835 EUR/Jahr	25.050 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 8.486 EUR/Jahr	+ 254.580 EUR
	<u>9.321 EUR/Jahr</u>	<u>279.630 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	12.004 EUR/Jahr	360.120 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>2.683 EUR/Jahr</b>	<b>80.490 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	4.773 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.374 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	2,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	6,00 %

## 5.4 Variante 2: Anlagentechnik

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### **Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 2 -**

keine Maßnahme

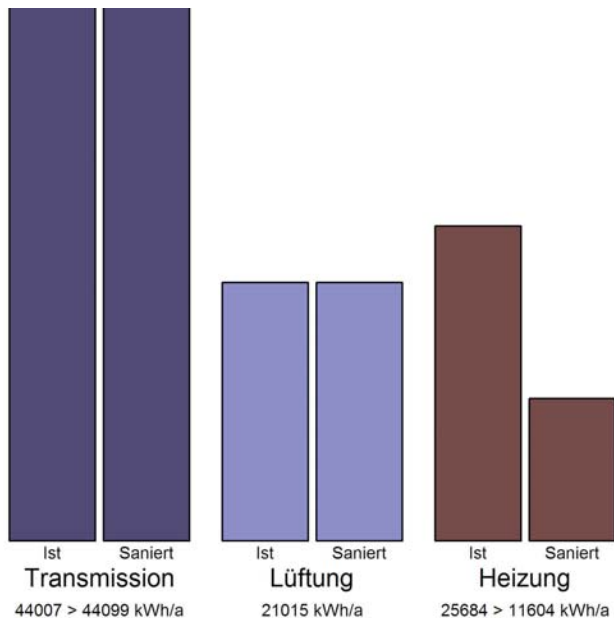
### **Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 2 -**

**Heizung:** Vorhandene Gastherme austauschen durch eine Gas-Brennwert-Heizung.

## Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **14 %**.

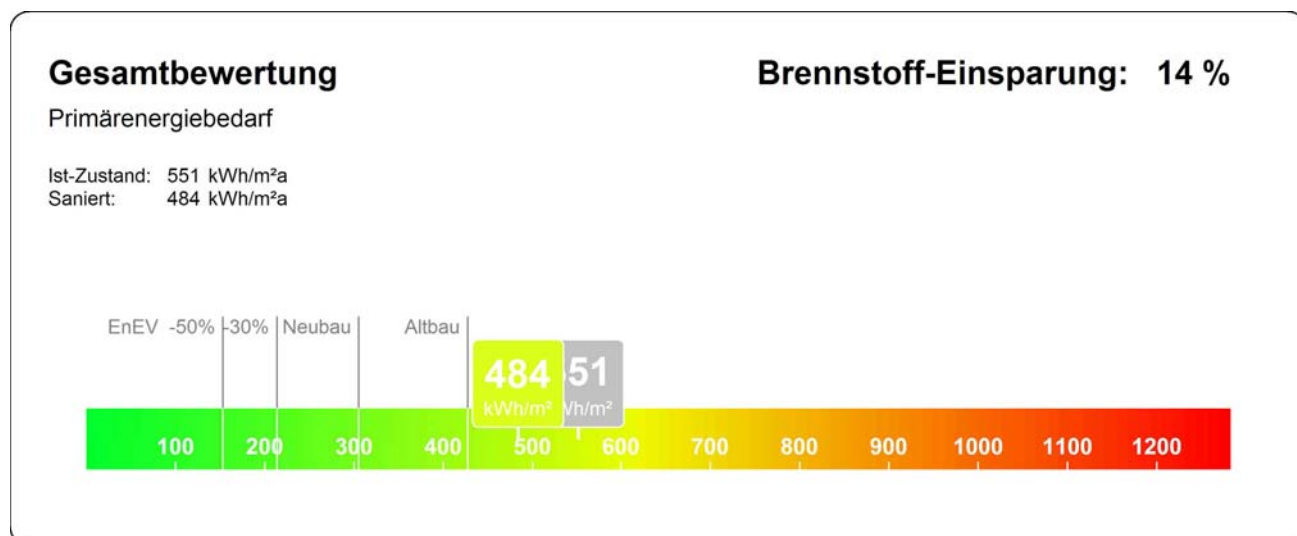
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 75059 kWh/Jahr reduziert sich auf 64712 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 10347 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2316 kg/a kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **484 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	9.000 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>9.000 EUR</b>
--	---	------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 15,0 Jahren gemittelten jährlichen Kosten bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtkosten:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	727 EUR/Jahr	10.905 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 6.810 EUR/Jahr	+ 102.150 EUR
	<u>7.537 EUR/Jahr</u>	<u>113.055 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	7.644 EUR/Jahr	114.660 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>107 EUR/Jahr</b>	<b>1.605 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	15,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	4.773 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	4.252 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	2,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	6,00 %

## 5.5 Variante 3: Beleuchtung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### **Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 3 -**

keine Maßnahme

### **Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 3 -**

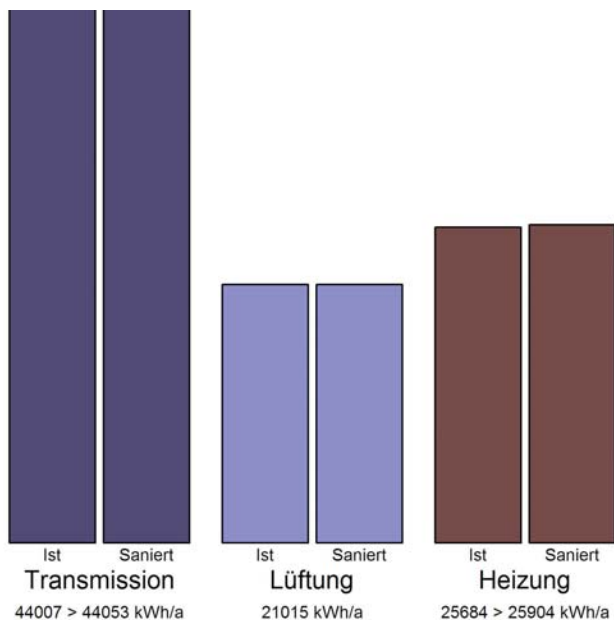
#### **Beleuchtung:**

Austausch der Glühlampen durch Energiesparlampen (ESL), Austausch der Leuchtstofflampen mit konventionellem Vorschaltgerät (KVG) durch solche mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG).

## Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **1 %**.

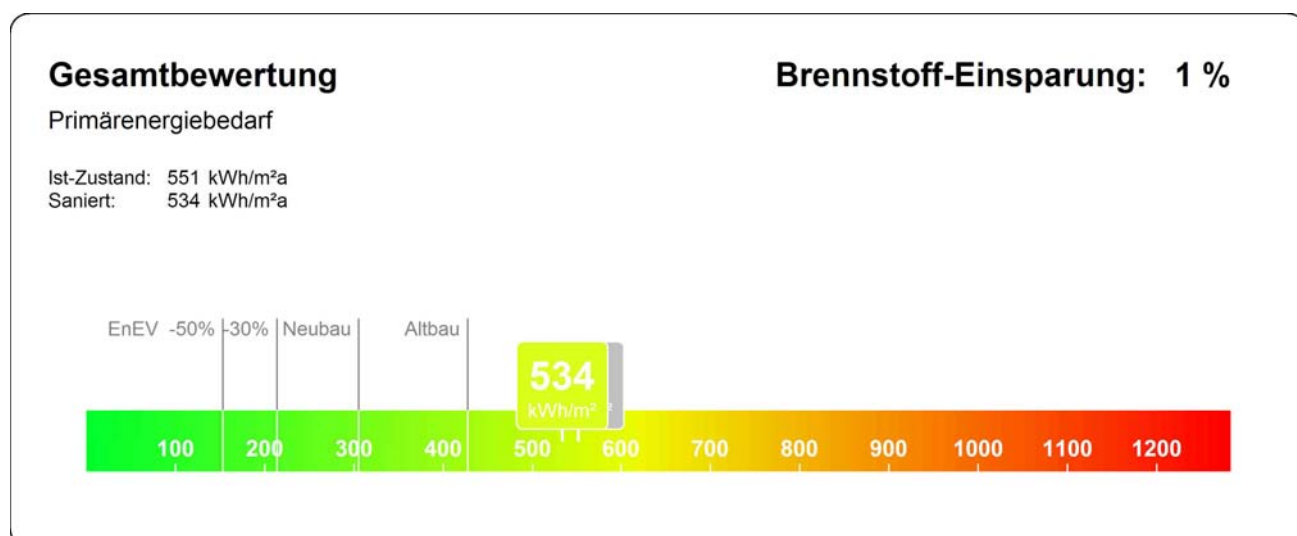
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 75059 kWh/Jahr reduziert sich auf 74587 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 472 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 710 kg/a kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **534 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	1.500 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>1.500 EUR</b>
--	---	------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 15,0 Jahren gemittelten jährlichen Kosten bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtkosten:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	121 EUR/Jahr	1.815 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 7.307 EUR/Jahr	+ 109.605 EUR
	<u>7.428 EUR/Jahr</u>	<u>111.420 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	7.644 EUR/Jahr	114.660 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>216 EUR/Jahr</b>	<b>3.240 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	15,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	4.773 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	4.563 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	2,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	6,00 %

## 6 Zusammenfassung der Ergebnisse

### Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf $Q_p$ :	kWh/a	Einsparung	
Ist-Zustand	84090		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	56610	27481	32,7%
Var.2 - Anlagentechnik	73764	10327	12,3%
Var.3 - Beleuchtung	81380	2710	3,2%

Primärenergiebedarf $q_p$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung	
Ist-Zustand	551		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	371	180	32,7%
Var.2 - Anlagentechnik	484	68	12,3%
Var.3 - Beleuchtung	534	18	3,2%

### Endenergiebedarf

Endenergiebedarf $Q_E$ :	kWh/a	Einsparung	
Ist-Zustand	75059		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	47935	27123	36,1%
Var.2 - Anlagentechnik	64712	10347	13,8%
Var.3 - Beleuchtung	74587	472	0,6%

Endenergiebedarf $q_E$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung	
Ist-Zustand	492		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	314	178	36,1%
Var.2 - Anlagentechnik	424	68	13,8%
Var.3 - Beleuchtung	489	3	0,6%

### Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf $Q_b$ :	kWh/a	Einsparung	
Ist-Zustand	49374		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	30074	19300	39,1%
Var.2 - Anlagentechnik	53108	-3734	-7,6%
Var.3 - Beleuchtung	48683	691	1,4%

Nutzenergiebedarf $q_b$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung	
Ist-Zustand	324		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	197	127	39,1%
Var.2 - Anlagentechnik	348	-24	-7,6%
Var.3 - Beleuchtung	319	5	1,4%

### Anlagentechnische Verluste

Anlagentechnische Verluste $Q_t$ :	kWh/a	Einsparung	
Ist-Zustand	25684		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	17861	7823	30,5%
Var.2 - Anlagentechnik	11604	14081	54,8%
Var.3 - Beleuchtung	25904	-219	-0,9%

Anlagentechnische Verluste $q_t$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung	
Ist-Zustand	168		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	117	51	30,5%
Var.2 - Anlagentechnik	76	92	54,8%
Var.3 - Beleuchtung	170	-1	-0,9%

### Anlagenaufwandszahl

### Anlagenaufwandszahl $e_p$ :

Ist-Zustand	1,70	
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	1,88	
Var.2 - Anlagentechnik	1,39	
Var.3 - Beleuchtung	1,67	

### Schadstoff-Emissionen

#### CO<sub>2</sub>-Emissionen

CO <sub>2</sub> -Emissionen:	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	19278		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	13096		6182 32,1%
Var.2 - Anlagentechnik	16962		2316 12,0%
Var.3 - Beleuchtung	18568		710 3,7%

CO <sub>2</sub> -Emissionen pro m <sup>2</sup> :	kg/m <sup>2</sup> a		Einsparung
Ist-Zustand	126		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	86		41 32,1%
Var.2 - Anlagentechnik	111		15 12,0%
Var.3 - Beleuchtung	122		5 3,7%

#### NO<sub>x</sub>-Emissionen

NO <sub>x</sub> -Emissionen:	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	15,8		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	10,8		5,0 31,8%
Var.2 - Anlagentechnik	13,9		1,9 11,9%
Var.3 - Beleuchtung	15,2		0,6 3,9%

#### SO<sub>2</sub>-Emissionen

SO <sub>2</sub> -Emissionen:	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	15,7		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	11,7		4,0 25,6%
Var.2 - Anlagentechnik	14,3		1,4 9,2%
Var.3 - Beleuchtung	14,4		1,3 8,5%

### Kosten / Wirtschaftlichkeit

#### Brennstoffkosten




Brennstoffkosten:	EUR/a		Einsparung
Ist-Zustand	4773		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	3374		1399 29,3%
Var.2 - Anlagentechnik	4252		521 10,9%
Var.3 - Beleuchtung	4563		210 4,4%

#### Brennstoff- und Betriebskosten

Brennstoff- und Betriebskosten:	EUR/a		Einsparung
Ist-Zustand	4773		
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	3374		1399 29,3%
Var.2 - Anlagentechnik	4252		521 10,9%
Var.3 - Beleuchtung	4563		210 4,4%




#### Gesamtinvestitionskosten

**Gesamtinvestitionskosten:**

	EUR	
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	17482	
Var.2 - Anlagentechnik	9000	
Var.3 - Beleuchtung	1500	




**Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen**

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)




	EUR	
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	17482	
Var.2 - Anlagentechnik	9000	
Var.3 - Beleuchtung	1500	

**Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen**

Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:

	EUR	
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	80490	
Var.2 - Anlagentechnik	1605	
Var.3 - Beleuchtung	3240	

**Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:**

	EUR/a	
Var.1 - Dämmen (Außenwand+o. Geschossdecke)	2683	
Var.2 - Anlagentechnik	107	
Var.3 - Beleuchtung	216	

## 7 Anhang

### 7.1 Erläuterung der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Zur Berechnung wird das anschauliche dynamische Berechnungsverfahren der Darstellung des annuitätischen, jährlichen Gewinns angewendet. Der jährliche Gewinn wird als Differenz aus den jährlichen Erlösen abzüglich der jährlichen Kosten ermittelt.

Die jährlichen Kosten einer Energieeffizienzmaßnahme betragen:

$$K = a * I + Z$$

K = annuitätische Kosten

a = Annuitätenfaktor

I = Mehrkosten der Maßnahme

Z = evtl. anfallende Zusatzkosten (z. Bsp. Wartung o. ä.)

Die jährlichen Erlöse (Energiekosteneinsparung):

$$E = P * (E_{\text{ist}} - E_{\text{soll}})$$

E = Annuitätische Erlöse

P = zukünftig mittlerer Preis

E<sub>ist</sub> = jährlicher Energieverbrauch vor der Maßnahme

E<sub>soll</sub> = jährlicher Energieverbrauch nach der Maßnahme

Die Maßnahme stellt sich dann als wirtschaftlich dar, wenn die jährlichen Erlöse größer sind als die jährlichen Kosten.

$$G = E - K = P * (E_{\text{ist}} - E_{\text{soll}}) - (a * I + Z)$$

G = annuitätischer jährlicher Gewinn

## 7.2 Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m <sup>3</sup>	10,42	11,42	1,10
Strom	kWh	1,00		

\* Bitte beachten: In der EnEV-Berechnung für den Wohnungsbau nach DIN 4108-6 / DIN 4701-10 sind die Endenergiewerte auf den Heizwert bezogen - in der Berechnung nach DIN 18599 hingegen auf den Brennwert. Standardwerte für das Verhältnis Hs/Hi aus DIN 18599-1 Anhang B.

	Einheit	Arbeitspreis Cent/Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Grundpreis Euro/Jahr
Erdgas E	m <sup>3</sup>	58,0	5,57	182
Strom	kWh	19,2	19,20	50

	Primär- energie- faktor	CO2- Emissionen g/kWh	SO2- Emissionen g/kWh	NOx- Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,1	247	0,157	0,200
Strom	2,7	683	1,111	0,583

## 7.3 Übersicht der verwendeten Normen

Datum	Bezeichnung	
2007-07	Energieeinsparverordnung EnEV	
2005-02	DIN 277 Teil 1	- Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau Teil 1 - Begriffe, Ermittlungsgrundlagen
2003-06	DIN EN 832	- Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
2003-07	DIN 4108 Teil 2	- Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
2001-07	DIN 4108 Teil 3	- Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise
2004-07	DIN V 4108 Teil 4	- Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 4: Wärme- und feuchteschutz Bemessungswerte
2006-03	DIN V 4108 Bbl 2	- Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele
2003-10	DIN EN ISO 6946	- Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
2006-12	DIN EN ISO 10077-1	- Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Teil 1 : Vereinfachtes Verfahren
2000-07	DIN EN 12524	- Baustoffe und -produkte - Eigenschaften Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte Tabellierte Bemessungswerte
1998-12	DIN EN ISO 13370	- Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden Wärmeübertragung über das Erdreich
1999-10	DIN EN ISO 13789	- Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient
2007-02	DIN V 18599 Teil 1	- Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
2007-02	DIN V 18599 Teil 2	- Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
2007-02	DIN V 18599 Teil 3	- Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
2007-02	DIN V 18599 Teil 4	- Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
2007-02	DIN V 18599 Teil 5	- Endenergiebedarf von Heizsystemen
2007-02	DIN V 18599 Teil 6	- Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau
2007-02	DIN V 18599 Teil 7	- Endenergiebedarf von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
2007-02	DIN V 18599 Teil 8	- Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
2007-02	DIN V 18599 Teil 9	- End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
2007-02	DIN V 18599 Teil 10	- Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten