

# Energieberatungsbericht

## Grundschule Adendorf



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: Schulgebäude

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: Neue Fenster.....	20
5.4	Variante 2: Dämmung der Außenwände.....	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 Schulgebäude 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: 1997  
Baujahr Klimaanlage:

Gebäudeart: Nicht-Wohngebäude  
Gebäudetyp: Bestandsgebäude

### Geometrie:

Nettogrundfläche	$A_{NGF}$ :	1129 m <sup>2</sup>
Nutzfläche (0,32 $V_e$ )	$A_N$ :	1355 m <sup>2</sup>
Hüllfläche	A:	2308 m <sup>2</sup>
Volumen (automatisch aus Zonen-Nettovolumen)	$V_e$ :	4235 m <sup>3</sup>
Luftvolumen	V:	3388 m <sup>3</sup>

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

Vollgeschosse	$n_G$ :	2
Geschosshöhe	$h_G$ :	3,15 m
Charakteristische Breite	B:	8,80 m
Charakteristische Länge	L:	29,80 m

### Referenzklima:

Klimareferenzort:	Referenzklima 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	Klassenzimmer	403,00	35,70	822,22	Heizung + Beleuchtung
2	Verkehrsfläche	328,12	29,07	756,04	Heizung + Beleuchtung
3	Lager, Archiv	27,72	2,46	63,38	Heizung + Beleuchtung
4	Sonstige Aufenthalts...	261,37	23,15	479,69	Heizung + Beleuchtung
5	Küche	62,70	5,55	96,04	Heizung + Beleuchtung + TWW
6	Einzelbüro	6,40	0,57	24,89	Heizung + Beleuchtung
7	WC	39,60	3,51	66,24	Heizung + Beleuchtung
8	Heizung	(42,03)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
9	Verkehrsfläche unbeh...	(96,32)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
10	Sonstige unbeh.	(41,54)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
11	Lager unbeh.	(124,44)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
	Σ	1128,91	Σ	2308,50	

\* 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	Heizwärme-Erzeugung 1
Versorgte Fläche	$A_{NGF}$ : 1128,90 m <sup>2</sup>

#### Erzeuger

Erzeuger	Erzeuger 1
Hersteller:	Viessmann
Bezeichnung:	Vertomat Typ VSB10
Typ:	Brennwert-Kessel
Baujahr:	1997
Brennstoff:	Erdgas E
Aufstellort:	in Zone Heizung
Nennleistung <sup>1</sup>	$Q_N$ : 105,00 kW
Betriebsbereitschaftsverlust bei 70°C	$Q_{B,70}$ : 0,62 %
Wirkungsgrad - Nennleistung	$\eta_{k,100}$ : 94,02 %
Wirkungsgrad - Teillast	$\eta_{k,pl}$ : 100,02 %
El. Leistungsaufnahme - Schlumberbetrieb	$P_{aux,SB}$ : 0,00 W
El. Leistungsaufnahme - Teillast	$P_{aux,pl}$ : 0,14 W
El. Leistungsaufnahme - Nennleistung	$P_{aux,100}$ : 0,42 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 Klassenzimmer, Verkehrsfläche , Lager...	361,00	0,40
Leitung 2	Strang-Leitung	in Zone Klassenzimmer, Verkehrsfläche , Lager...	26,00	0,40
Leitung 3	Verteilungs-Leitung	in Zone Heizung	80,00	0,20

## Pumpen

Pumpe	Regelung	Hydr. Abgleich	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]
Pumpe 1	geregelt - delta-p variabel	Nein	106,40	250,00

Heizkreis  
 Art des Rohrnetzes:  
 Auslegungstemperatur:

Verteilung 1  
 Zweirohrheizung  
 70/55°C

## Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Klassenzimmer	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 2	Verkehrsfläche	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 3	Lager, Archiv	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 4	Sonstige Aufenthaltsrä...	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 5	Küche	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 6	Einzelbüro	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler (2 K)
Übergabe 7	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  
 $A_{NGF}$ : 62,70 m<sup>2</sup>

### Erzeuger

Erzeuger:

Erzeuger 1  
dezentral - Elektro-  
Durchlauferhitzer

Typ:

Nennleistung

$Q_N$ : 2,00 kW

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

Alle Gebäudeteile: Überwiegend Leuchtstoffröhren mit KVG. In den einzelnen Zonen wurden hauptsächlich 300 und 100 lx als Beleuchtungsstärke verwendet. Vereinzelt Leuchtstoffröhren mit EVG, Glühlampen oder Energiesparlampen.

Präsenzmelder: teilweise

Tageslichtsteuerung: teilweise

### 3.5 Energieverbrauch im Ist-Zustand

Die Energieverbrauchsdaten beziehen sich auf einen Zeitraum zwischen 2004 und 2007.

Verbrauchsdaten: Heizung, Erdgas

<u>Abrechnungsjahr</u>	<u>kWh/a</u>
2004	209.808
2005	194.961
2006	194.054
2007	190.537

## 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.

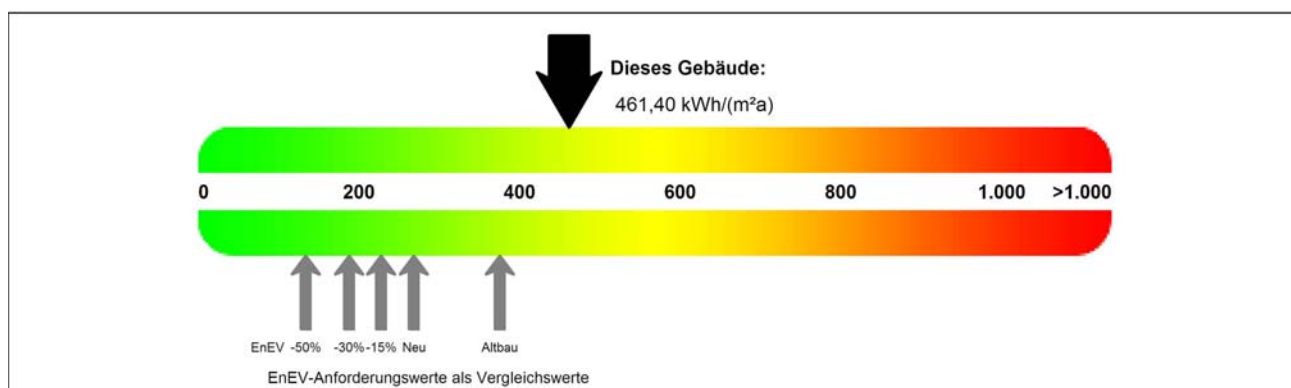
## 4.1 Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen

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.

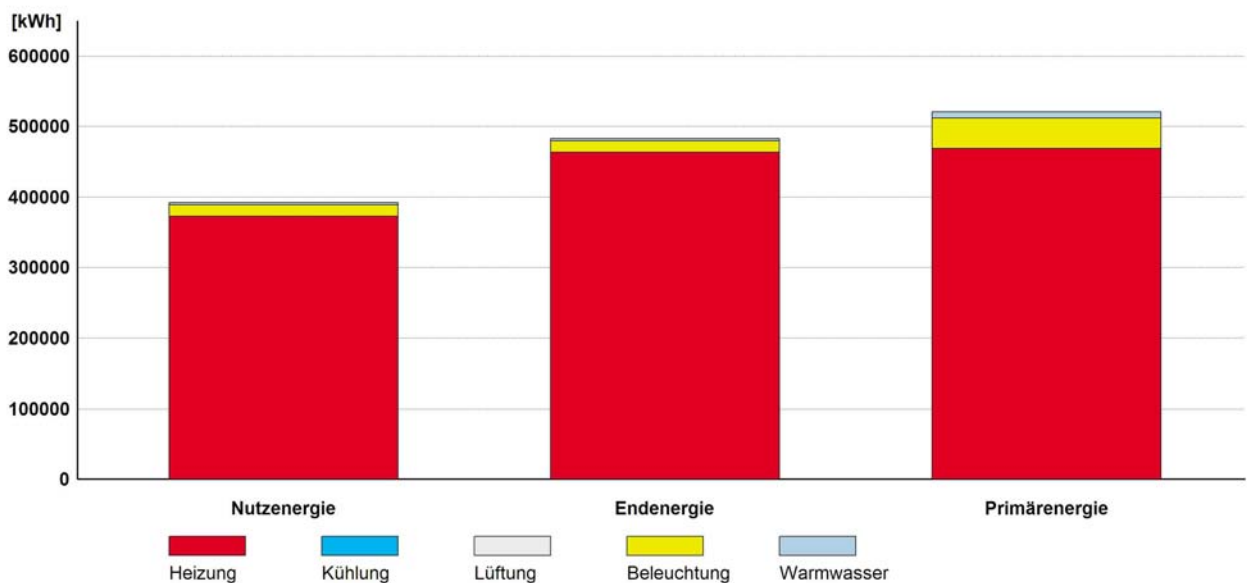


	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	EnEV -15%	EnEV -30%	EnEV -50%
Jahres-Primärenergiebedarf $q_p$ [kWh/(m²a)]	461,40	375,29	268,06	227,85	187,64	134,03
Transmissionswärmeverlust $H_t$ [W/(m²K)]	1,52	1,11	0,79	0,67	0,55	0,40

Gebäudeart:	Nicht-Wohngebäude
Gebäudetyp:	Bestandsgebäude
Energiebezugsfläche	$A_{EBF}$ : 1129 m²
Hüllfläche	A: 2308 m²
Volumen	$V_e$ : 4235 m³
$A/V_e$ -Verhältnis	$A/V_e$ : 0,55 1/m
Fensterflächenanteil	$\Delta A_{GEB}$ : 33,92 %

## 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	391413 346,72	372184 329,68	0 0,00	0 0,00	16031 14,20	3198 2,83
Endenergie	482489 427,39	463150 410,26	0 0,00	0 0,00	16031 14,20	3308 2,93
Primärenergie	520882 461,40	468667 415,15	0 0,00	0 0,00	43284 38,34	8932 7,91



## 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

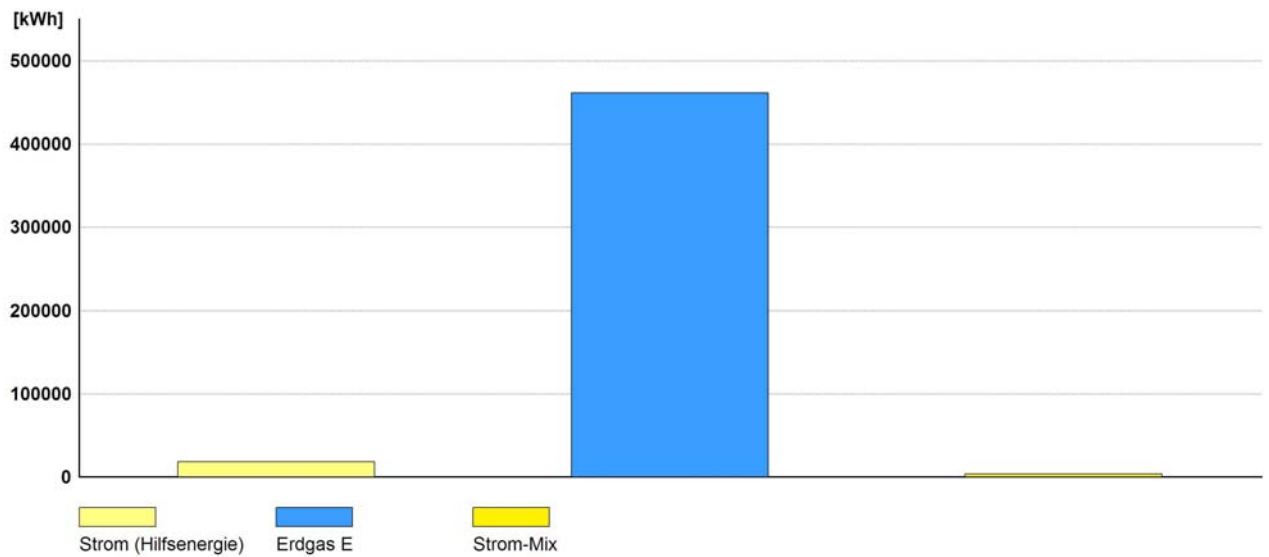
Der Endenergiebedarf umfasst die vorgenannte Nutzenergie und die Anlagenverluste einschließlich der Hilfsenergie. Die Endenergie entspricht der eingekauften Energiemenge des Gebäudenutzers.

### 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...	18279	2248	0	0	16031	0
Erdgas E	460902	460902	0	0	0	0
Strom-Mix	3308	0	0	0	0	3308



## 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	Schule			
Baujahr Gebäude	1967			
Baujahr Heizung	1997			
Baujahr Lüftungsanlage	keine			
Baujahr Kühlung	keine			
Ergebnisse (ca.)	Einheit	Variante 1 Austausch sämtlicher Fenster	Variante 2 Dämmung der Außen- wände	Variante 3 Beleuchtung: Austausch KVG gegen EVG
Investitionskosten	Euro	134.000	97.000	8.000
Brennstoffkosteneinsparung	%/Jahr	11,9	12,0	1,8
Zinssatz	%	2,5	2,5	2,5
Amortisationsdauer	Jahre	26	21	13
Betrachtungszeitraum	Jahre	30	30	15
Wirtschaftlichkeit		gering	mittel	gering

## 5.2 Textliche Zusammenfassung

Der theoretische Wert des Energieausweises weicht 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

#### Oberste Geschossdecke / Dach

Die obersten Geschossdecken weisen einen mäßigen Wärmeschutz auf. Hier könnte ohne großen Aufwand eine Wärmedämmung aufgebracht werden.

Konkrete Sanierungsvorschläge mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung folgen im nächsten Kapitel.

## 5.3 Variante 1: Neue Fenster

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 1 -

**Fenster:** Austausch sämtlicher Fenster, auch der mit Wärmeschutzverglasung mit Alurahmen

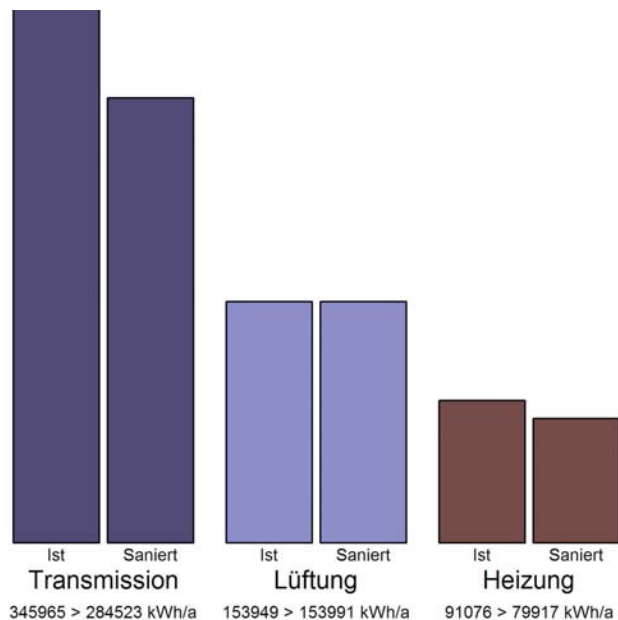
### Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 1 -

keine Maßnahme

## Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **13 %**.

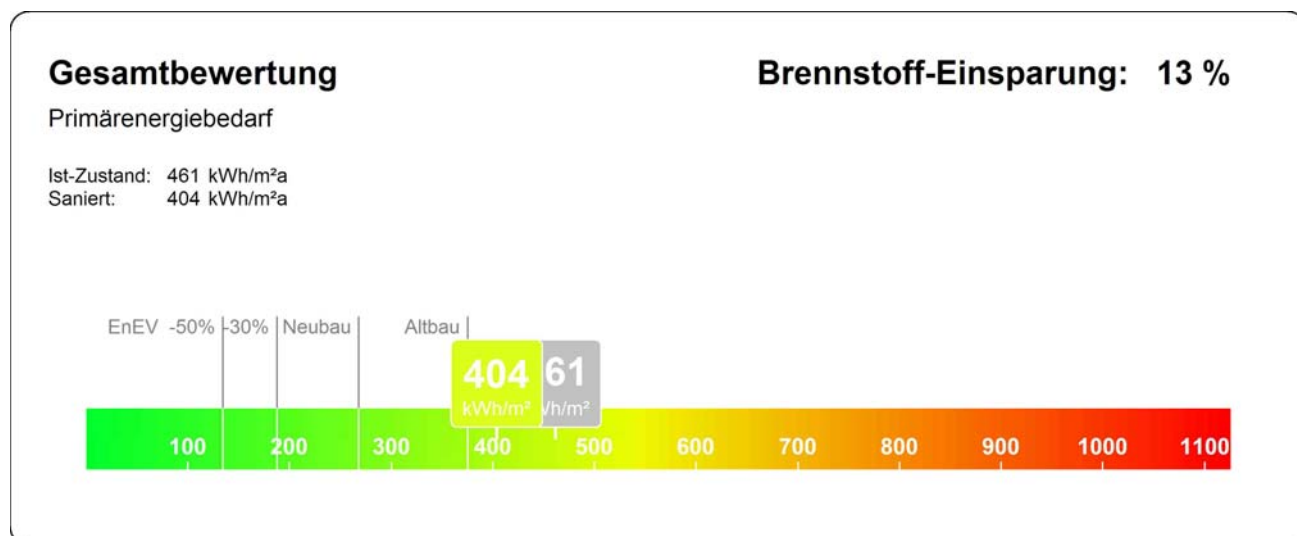
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 482489 kWh/Jahr reduziert sich auf 417685 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 64804 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 14645 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 **404 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	133.933 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>133.933 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	6.399 EUR/Jahr	191.970 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 61.572 EUR/Jahr	+ 1.847.160 EUR
	<u>67.971 EUR/Jahr</u>	<u>2.039.130 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	69.881 EUR/Jahr	2.096.430 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>1.910 EUR/Jahr</b>	<b>57.300 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	27.785 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	24.481 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	2,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	6,00 %

## 5.4 Variante 2: Dämmung der Außenwände

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 2 -

**Außenwände:** Außenwände dämmen mit 14 cm WDVS 0,035

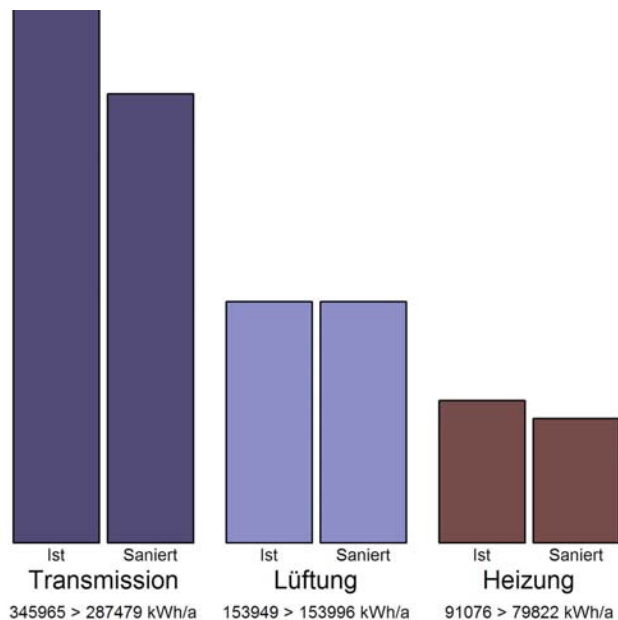
### Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 2 -

keine Maßnahme

## Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **13 %**.

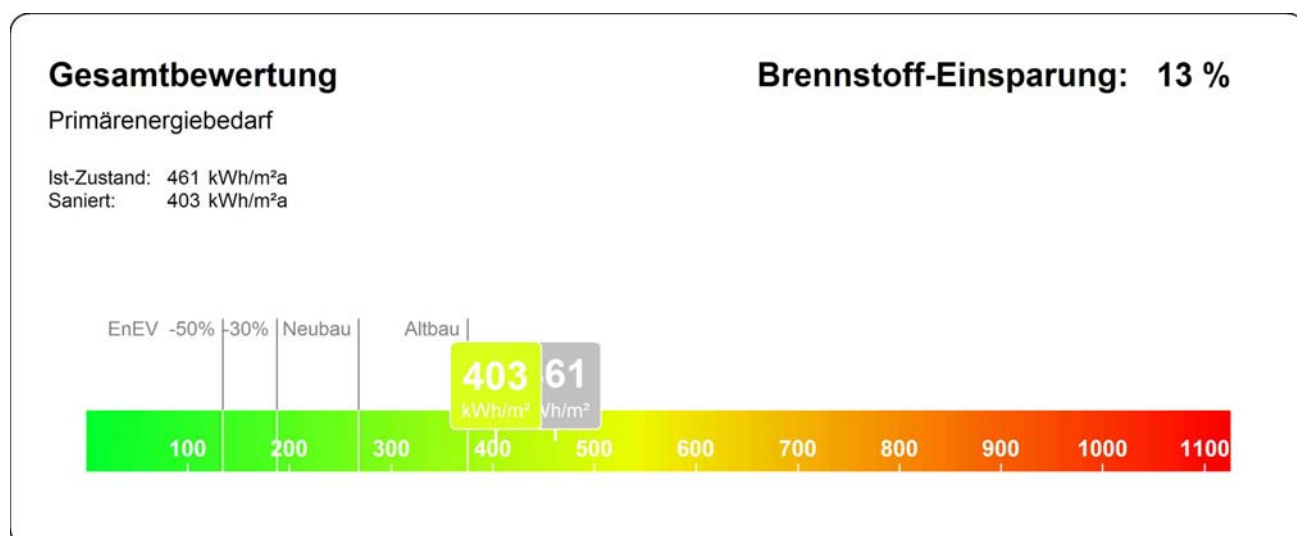
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 482489 kWh/Jahr reduziert sich auf 417652 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 64837 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 14718 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 **403 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	96.960 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>96.960 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	4.633 EUR/Jahr	138.990 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 61.517 EUR/Jahr	+ 1.845.510 EUR
	<u>66.150 EUR/Jahr</u>	<u>1.984.500 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	69.881 EUR/Jahr	2.096.430 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>3.731 EUR/Jahr</b>	<b>111.930 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	27.785 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	24.459 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

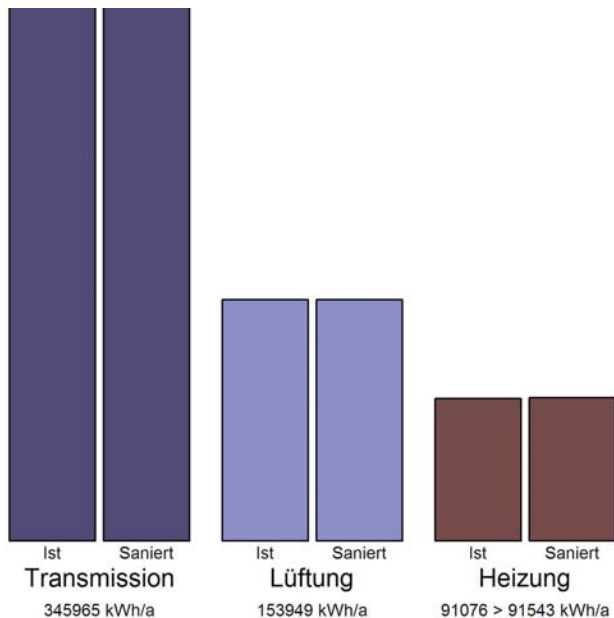
### **Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 3 -**

Beleuchtung: Austausch der Lampen 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 **0 %**.

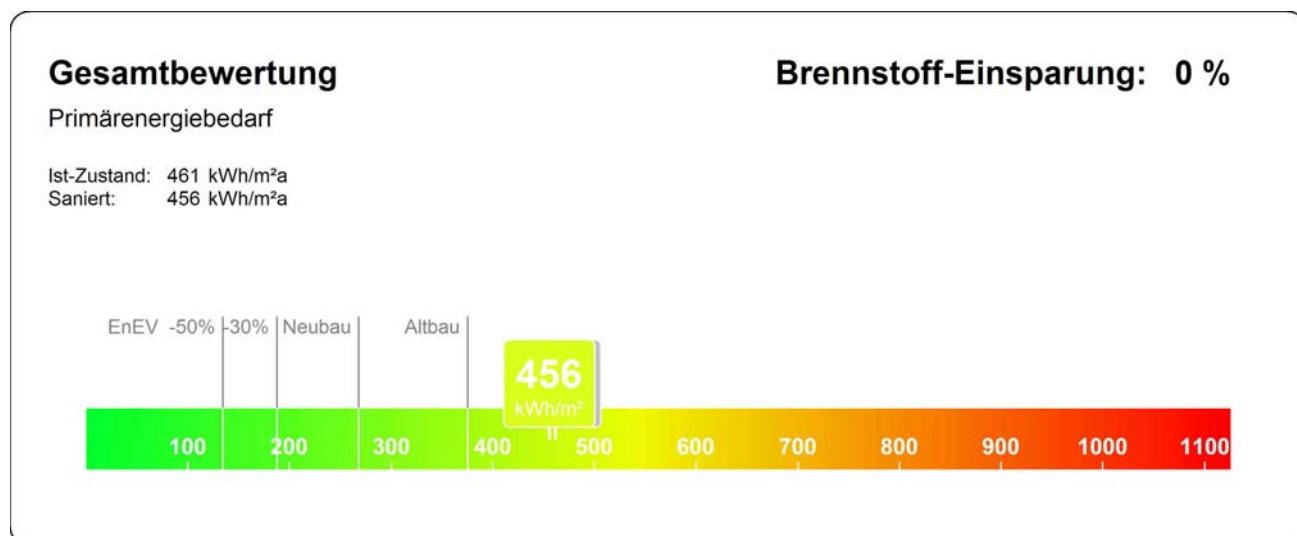
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 482489 kWh/Jahr reduziert sich auf 481602 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 887 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1640 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 **456 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	8.000 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>8.000 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	646 EUR/Jahr	9.690 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 43.715 EUR/Jahr	+ 655.725 EUR
	<u>44.361 EUR/Jahr</u>	<u>665.415 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	44.499 EUR/Jahr	667.485 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>138 EUR/Jahr</b>	<b>2.070 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	15,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	27.785 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	27.295 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	520883	
Var.1 - Neue Fenster	455690	65192 12,5%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	455415	65467 12,6%
Var.3 - Beleuchtung	514655	6228 1,2%

Primärenergiebedarf $q_p$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung
Ist-Zustand	461	
Var.1 - Neue Fenster	404	58 12,5%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	403	58 12,6%
Var.3 - Beleuchtung	456	6 1,2%

### Endenergiebedarf

Endenergiebedarf $Q_E$ :	kWh/a	Einsparung
Ist-Zustand	482489	
Var.1 - Neue Fenster	417685	64804 13,4%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	417652	64837 13,4%
Var.3 - Beleuchtung	481602	887 0,2%

Endenergiebedarf $q_E$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung
Ist-Zustand	427	
Var.1 - Neue Fenster	370	57 13,4%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	370	57 13,4%
Var.3 - Beleuchtung	427	1 0,2%

### Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf $Q_b$ :	kWh/a	Einsparung
Ist-Zustand	391413	
Var.1 - Neue Fenster	337768	53645 13,7%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	337830	53583 13,7%
Var.3 - Beleuchtung	390059	1354 0,3%

Nutzenergiebedarf $q_b$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung
Ist-Zustand	347	
Var.1 - Neue Fenster	299	48 13,7%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	299	47 13,7%
Var.3 - Beleuchtung	346	1 0,3%

### Anlagentechnische Verluste

Anlagentechnische Verluste $Q_t$ :	kWh/a	Einsparung
Ist-Zustand	91076	
Var.1 - Neue Fenster	79917	11159 12,3%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	79822	11254 12,4%
Var.3 - Beleuchtung	91543	-467 -0,5%

Anlagentechnische Verluste $q_t$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung
Ist-Zustand	81	
Var.1 - Neue Fenster	71	10 12,3%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	71	10 12,4%
Var.3 - Beleuchtung	81	0 -0,5%

## Anlagenaufwandszahl

### Anlagenaufwandszahl $e_p$ :

Ist-Zustand	1,33	
Var.1 - Neue Fenster	1,35	
Var.2 - Dämmung der Außenwände	1,35	
Var.3 - Beleuchtung	1,32	

## Schadstoff-Emissionen

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

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

	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	118618		
Var.1 - Neue Fenster	103973		14645 12,3%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	103900		14718 12,4%
Var.3 - Beleuchtung	116978		1640 1,4%

#### CO<sub>2</sub>-Emissionen pro m<sup>2</sup>:

	kg/m <sup>2</sup> a		Einsparung
Ist-Zustand	105		
Var.1 - Neue Fenster	92		13 12,3%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	92		13 12,4%
Var.3 - Beleuchtung	104		1 1,4%

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

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

	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	96,7		
Var.1 - Neue Fenster	84,8		11,9 12,3%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	84,8		11,9 12,3%
Var.3 - Beleuchtung	95,3		1,4 1,5%

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

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

	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	90,0		
Var.1 - Neue Fenster	80,6		9,4 10,4%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	80,5		9,5 10,6%
Var.3 - Beleuchtung	86,8		3,2 3,5%

## Kosten / Wirtschaftlichkeit

### Brennstoffkosten

#### Brennstoffkosten:

	EUR/a		Einsparung
Ist-Zustand	27785		
Var.1 - Neue Fenster	24481		3304 11,9%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	24459		3326 12,0%
Var.3 - Beleuchtung	27295		489 1,8%

### Brennstoff- und Betriebskosten

#### Brennstoff- und Betriebskosten:

	EUR/a		Einsparung
Ist-Zustand	27785		
Var.1 - Neue Fenster	24481		3304 11,9%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	24459		3326 12,0%
Var.3 - Beleuchtung	27295		489 1,8%

### Gesamtinvestitionskosten

Gesamtinvestitionskosten:	EUR	
Var.1 - Neue Fenster	133933	
Var.2 - Dämmung der Außenwände	96960	
Var.3 - Beleuchtung	8000	

### Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)

	EUR	
Var.1 - Neue Fenster	133933	
Var.2 - Dämmung der Außenwände	96960	
Var.3 - Beleuchtung	8000	

### Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:

	EUR	
Var.1 - Neue Fenster	57300	
Var.2 - Dämmung der Außenwände	111930	
Var.3 - Beleuchtung	2070	

Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:	EUR/a	
Var.1 - Neue Fenster	1910	
Var.2 - Dämmung der Außenwände	3731	
Var.3 - Beleuchtung	138	

## 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	CO <sub>2</sub> - Emissionen g/kWh	SO <sub>2</sub> - Emissionen g/kWh	NO <sub>x</sub> - 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