

# Energieberatungsbericht

## Grundschule Adendorf



Gebäude: Neue Schule 17  
53343 Wachtberg

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

Variante: Turnhalle

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.....	15
3.5	Energieverbrauch im Ist-Zustand.....	16
4	Energetische Bewertung des Ist-Zustands.....	17
4.1	Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen.....	18
4.2	Energiebilanz.....	19
4.3	Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger.....	20
5	Sanierungsmaßnahmen.....	21
5.1	Zusammenfassung.....	21
5.2	Textliche Zusammenfassung.....	22
5.3	Variante 1: Anlagentechnik.....	23
5.4	Variante 2: Neue Fenster auch Halle.....	26
5.5	Variante 3: Beleuchtung.....	29
6	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	32
7	Anhang.....	35
7.1	Erläuterung der Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	35
7.2	Brennstoffdaten.....	36
7.3	Übersicht der verwendeten Normen.....	37

# 1 Einleitung

Für die Turnhalle 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 17  
53343 Wachtberg

### Beschreibung:

Baujahr Gebäude: 1967  
Baujahr Wärmeerzeuger: 1986  
Baujahr Klimaanlage:

Gebäudeart: Nicht-Wohngebäude  
Gebäudetyp: Bestandsgebäude

### Geometrie:

Nettogrundfläche	$A_{NGF}$ :	638 m <sup>2</sup>
Nutzfläche (0,32 $V_e$ )	$A_N$ :	1122 m <sup>2</sup>
Hüllfläche	$A$ :	1987 m <sup>2</sup>
Volumen (automatisch aus Zonen-Nettovolumen)	$V_e$ :	3508 m <sup>3</sup>
Luftvolumen	$V$ :	2806 m <sup>3</sup>

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

Vollgeschosse	$n_G$ :	1
Geschosshöhe	$h_G$ :	4,00 m
Charakteristische Breite	$B$ :	14,50 m
Charakteristische Länge	$L$ :	48,80 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	Turnhalle	405,00	63,43	1328,59	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
2	Geräteraum + Putzmit...	72,20	11,31	201,43	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
3	WC	8,67	1,36	27,45	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
4	Umkleiden	58,19	9,11	123,87	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
5	Duschen + Waschen	68,00	10,65	230,83	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung + TWW
6	Verkehrsfläche	26,39	4,13	74,86	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
7	Lüftungsraum	(15,18)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
8	Heizung	(9,20)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
	Σ	638,45	Σ	1987,03	

\* 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	$A_{NGF}$ :	0,00 m <sup>2</sup>

#### Erzeuger

Erzeuger		Erzeuger 1
Hersteller:		Buderus
Bezeichnung:		Lollar 405 Typ G 405W/175-9
Typ:		Gas-Gebälsekessel
Baujahr:		1986
Brennstoff:		Erdgas E
Aufstellort:		in Zone Heizung
Nennleistung <sup>1</sup>	$Q_N$ :	175,00 kW
Betriebsbereitschaftsverlust bei 70°C	$Q_{B,70}$ :	1,51 %
Wirkungsgrad - Nennleistung	$\eta_{k,100}$ :	86,49 %
Wirkungsgrad - Teillast	$\eta_{k,pl}$ :	84,23 %
Mischer vorhanden:		Nein
El. Leistungsaufnahme - Schlummerbetrieb	$P_{aux,SB}$ :	0,00 W
El. Leistungsaufnahme - Teillast	$P_{aux,pl}$ :	0,18 W
El. Leistungsaufnahme - Nennleistung	$P_{aux,100}$ :	0,54 W
El. Kesselregelung vorhanden:		Ja
Pumpenmanagement:		kein integriertes Pumpenmanagement

## Heizwasserkreis

Vorlauftemperatur

Rücklauftemperatur

## AC-Verteilung 1

 $\vartheta_{VA}$  : 70,00 °C $\vartheta_{RA}$  : 55,00 °C

## Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Verteilungs-Leitung	in Zone Lüftungsraum, Heizung	20,00	0,20

## Pumpen

Pumpe	Regelung	Hydr. Abgleich	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]
Pumpe 1	geregelt - delta-p variabel	Nein	140,10	86,00

## Übergaben

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

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

Heizwasserkreis

Vorlauftemperatur

Rücklauftemperatur

AC-Verteilung 2

 $\vartheta_{VA}$  : 70,00 °C $\vartheta_{RA}$  : 55,00 °C

## Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Verteilungs-Leitung	in Zone Heizung	10,00	0,20

## Pumpen

Pumpe	Regelung	Hydr. Abgleich	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]
Pumpe LH-Register	ungeregelt	Nein	140,10	60,00

## Übergaben

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

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

## Trinkwarmwasseranlage

Versorgungsbereich  
Versorgte Fläche

Warmwasser-Erzeugung 1  
 $A_{NGF}$ : 68,00 m<sup>2</sup>

### Erzeuger

Die Versorgung des Trinkwarmwasserbereiches "Warmwasser-Erzeugung 1" erfolgt über den Kessel "Erzeuger 1" des Heizkreises "Warmwasser-Erzeugung 1".

### Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Anbinde-Leitung	in Zone Duschen + Waschen	20,00	0,40
Leitung 2	Strang-Leitung	in Zone Duschen + Waschen	40,00	0,40
Leitung 3	Verteilungs-Leitung	in keiner Zone - im unbeheizten	10,00	0,40

TWW-Kreis  
Art der Verteilung:  
Art der Zirkulation:

DHWKreis 1  
zentral  
ohne Zirkulation

### Übergaben

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

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

## **Kühlungsanlage**

Keine Anlagentechnik vorhanden!

## Lüftungsanlage

Versorgungsbereich: ACEinheit 1  
 Versorgte Fläche RLT-Warmluft  $A_{NGF,vh}$ : 604,45 m<sup>2</sup>  
 Kreislaufverbundsystem: Nein

### Erzeuger

Die Versorgung des Warmluftkreises "Heizluftkreis 1" erfolgt über den Kessel "Erzeuger 1" des Heizkreises.

Kreis Warmluft Heizluftkreis 1  
 Luftkanaloberfläche an Außenluft  $A_{K,A}$ : 0,00 m<sup>2</sup>  
 Nutzungsgrad Übergabe Wärme  $\eta_{vh,ce}$ : 0,90

### Übergaben

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

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

Kreis Warmluft Heizluftkreis 2  
 Luftkanaloberfläche an Außenluft  $A_{K,A}$ : 0,00 m<sup>2</sup>  
 Nutzungsgrad Übergabe Wärme  $\eta_{vh,ce}$ : 0,90

### Übergaben

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

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

Kreis Warmluft Heizluftkreis 3  
 Luftkanaloberfläche an Außenluft  $A_{K,A}$  : 0,00 m<sup>2</sup>  
 Nutzungsgrad Übergabe Wärme  $\eta_{vh,ce}$  : 0,90

### Übergaben

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

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

Kreis Warmluft Heizluftkreis 4  
 Luftkanaloberfläche an Außenluft  $A_{K,A}$  : 0,00 m<sup>2</sup>  
 Nutzungsgrad Übergabe Wärme  $\eta_{vh,ce}$  : 0,90

### Übergaben

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

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

Kreis Warmluft Heizluftkreis 5  
 Luftkanaloberfläche an Außenluft  $A_{K,A}$  : 0,00 m<sup>2</sup>  
 Nutzungsgrad Übergabe Wärme  $\eta_{vh,ce}$  : 0,90

### Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Duschen + Waschen	50,00	-	-

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

Kreis Warmluft Heizluftkreis 6  
 Luftkanaloberfläche an Außenluft  $A_{K,A}$  : 0,00 m<sup>2</sup>  
 Nutzungsgrad Übergabe Wärme  $\eta_{vh,ce}$  : 0,90

### Übergaben

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

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

Versorgungsbereich: ACEinheit 2  
 Versorgte Fläche RLT-Warmluft  $A_{NGF,vh}$  : 34,00 m<sup>2</sup>  
 Kreislaufverbundsystem: Nein

## Erzeuger

Die Versorgung des Warmluftkreises "Heizluftkreis 1" erfolgt über den Kessel "Erzeuger 1" des Heizkreises.

Kreis Warmluft		Heizluftkreis 7
Luftkanaloberfläche an Außenluft	$A_{K,A} :$	0,00 m <sup>2</sup>
Nutzungsgrad Übergabe Wärme	$\eta_{vh,ce} :$	0,90

## Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Duschen + Waschen	50,00	-	-

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

### 3.4 Beleuchtung

Gebäude: Überwiegend Leuchtstoffröhren mit KVG. In den einzelnen Zonen wurden hauptsächlich 300 und 200 lx als Beleuchtungsstärke verwendet. Außerdem wurden Glühlampen vorgefunden.

Präsenzmelder: nein

Tageslichtsteuerung: nein

### 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	136.210
2005	81.246
2006	203.055
2007	146.678

## 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.

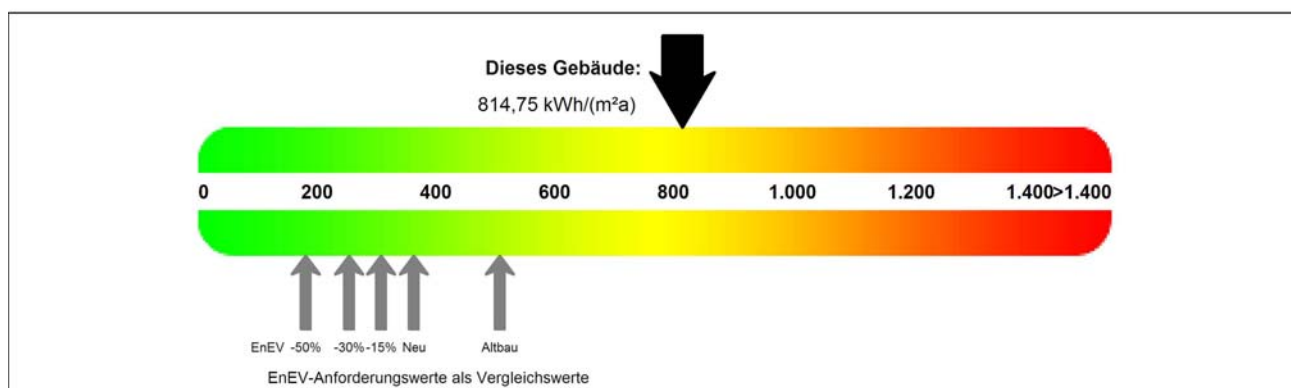
## 4.1 Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen

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.



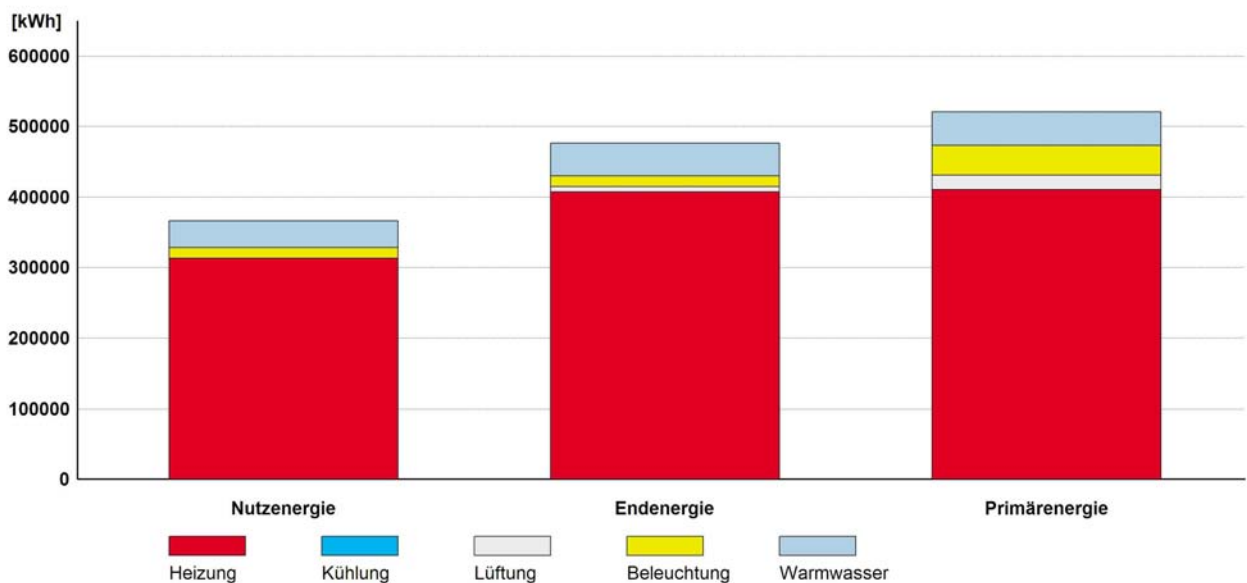
	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	EnEV -15%	EnEV -30%	EnEV -50%
Jahres-Primärenergiebedarf $q_p$ [kWh/(m²a)]	814,75	507,47	362,48	308,10	253,73	181,24
Transmissionswärmeverlust $H_t$ [W/(m²K)]	1,50	0,79	0,56	0,48	0,40	0,28

Gebäudeart:  
Gebäudetyp:  
Energiebezugsfläche  
Hüllfläche  
Volumen  
 $A/V_e$ -Verhältnis  
Fensterflächenanteil

Nicht-Wohngebäude  
Bestandsgebäude  
 $A_{EBF}$ : 638 m²  
A: 1987 m²  
 $V_e$ : 3508 m³  
 $A/V_e$ : 0,57 1/m  
 $\Delta A_{GEB}$ : 27,39 %

## 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	366174 573,54	313162 490,50	0 0,00	0 0,00	15512 24,30	37500 58,74
Endenergie	476738 746,71	406971 637,44	0 0,00	7476 11,71	15512 24,30	46779 73,27
Primärenergie	520174 814,75	410882 643,56	0 0,00	20186 31,62	41882 65,60	47224 73,97



## 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

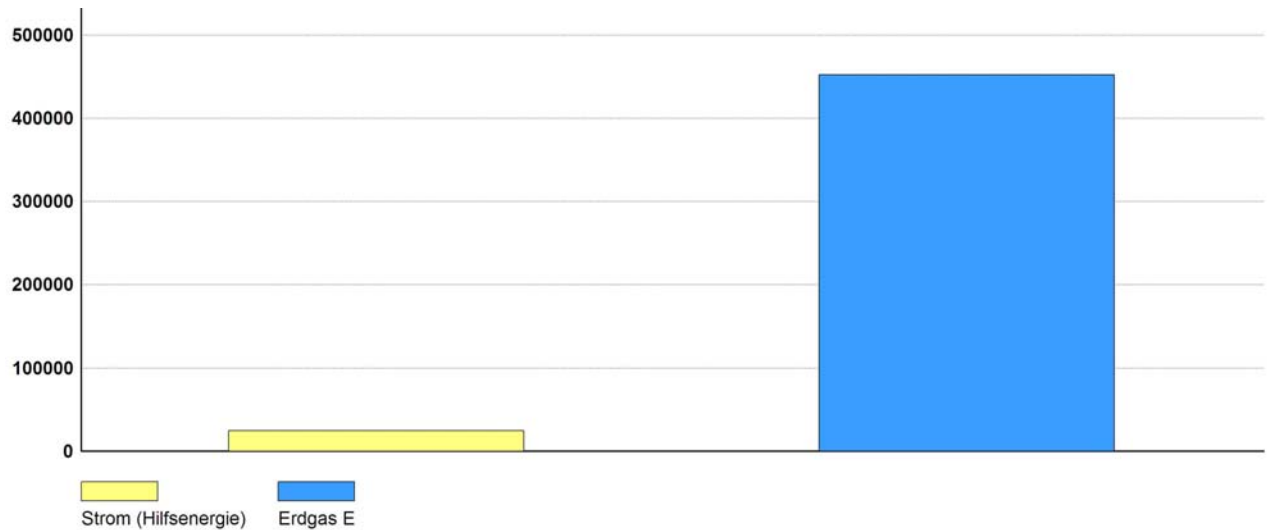
Der Endenergiebedarf umfasst die vorgenannte Nutzenergie und die Anlagenverluste einschließlich der Hilfsenergie. Die Endenergie entspricht der eingekauften Energiemenge des Gebäudenutzers.

### 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...	24572	1423	0	7476	15512	161
Erdgas E	452166	405548	0	0	0	46618



## 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	Sporthalle			
Baujahr Gebäude	1967			
Baujahr Heizung	1986			
Baujahr Lüftungsanlage	1975			
Baujahr Kühlung	keine			
Ergebnisse (ca.)	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
		Modernisierung der Anlagentechnik	Austausch der Fenster (auch der Hallenfenster)	Modernisierung der Beleuchtung
Investitionskosten	Euro	51.000	70.000	6.500
Brennstoffkosteneinsparung	%/Jahr	14,9	8,9	1,9
Zinssatz	%	2,5	2,5	2,5
Amortisationsdauer	Jahre	11	20	11
Betrachtungszeitraum	Jahre	15	30	15
Wirtschaftlichkeit		mittel	mittel	mittel

## 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

#### Außenwände und Dach

Weitere Einsparungen sind im Bereich der Außenwanddämmung und der Dachdämmung möglich. Die Wände sind zu Zeit ungedämmt und könnten mit einem vertretbaren Aufwand mit einem Vollwärmeschutz versehen werden.

Konkrete Sanierungsvorschläge mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung finden Sie auf den folgenden Seiten.

## 5.3 Variante 1: Anlagentechnik

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 1 -

keine Maßnahme

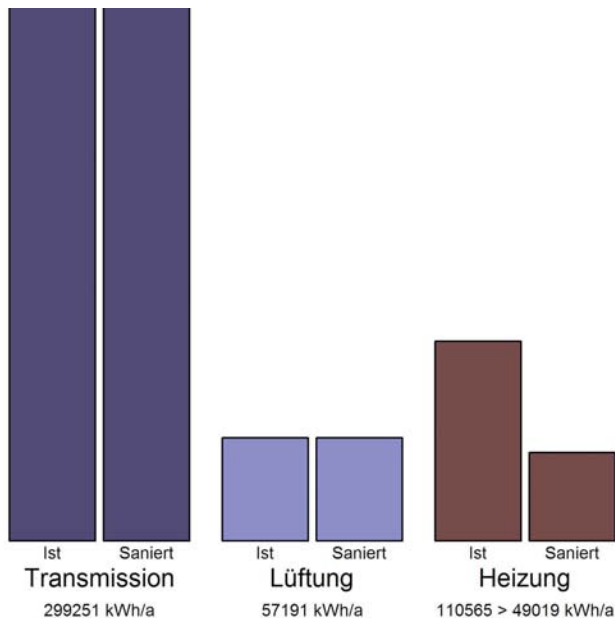
### Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 1 -

**Heizung:** Einbau einer neuen Brennwertheizung, Nutzung von Wärmerückgewinnung

## Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **17 %**.

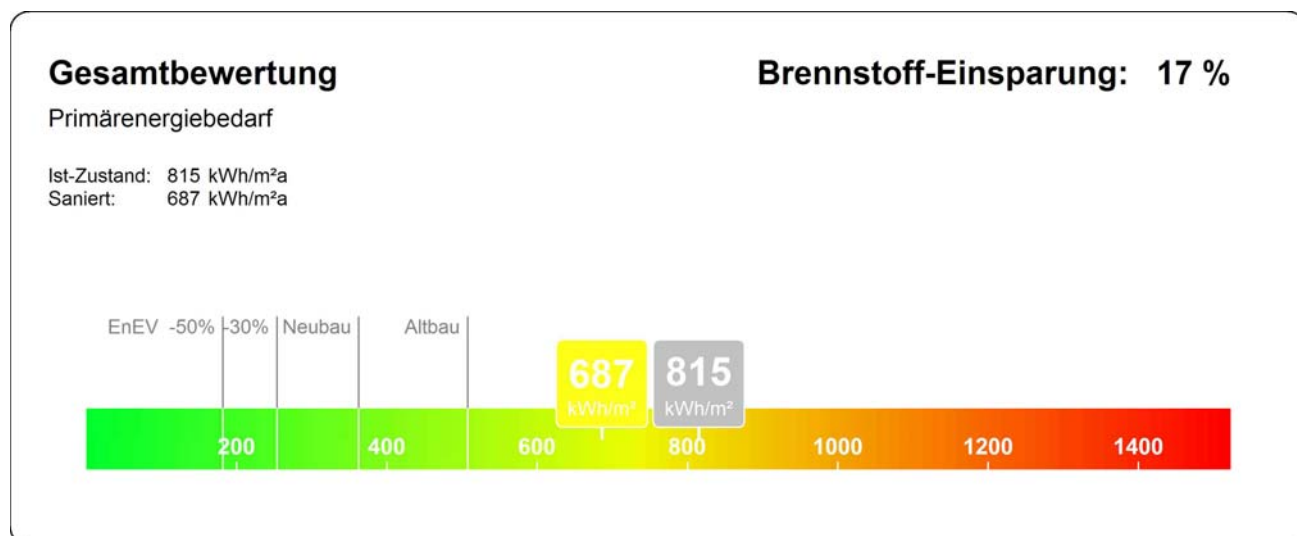
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 476738 kWh/Jahr reduziert sich auf 395430 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 81308 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 18397 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 **687 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	51.000 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>51.000 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	4.119 EUR/Jahr	61.785 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 37.976 EUR/Jahr	+ 569.640 EUR
	<u>42.095 EUR/Jahr</u>	<u>631.425 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	44.626 EUR/Jahr	669.390 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>2.531 EUR/Jahr</b>	<b>37.965 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	15,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	27.864 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	23.712 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	2,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	6,00 %

## 5.4 Variante 2: Neue Fenster auch Halle

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 2 -

**Fenster:** Austausch sämtlicher Fenster, auch der großen Hallenfenster durch wärmeschutzverglaste Fenster  $U_w=1,3$

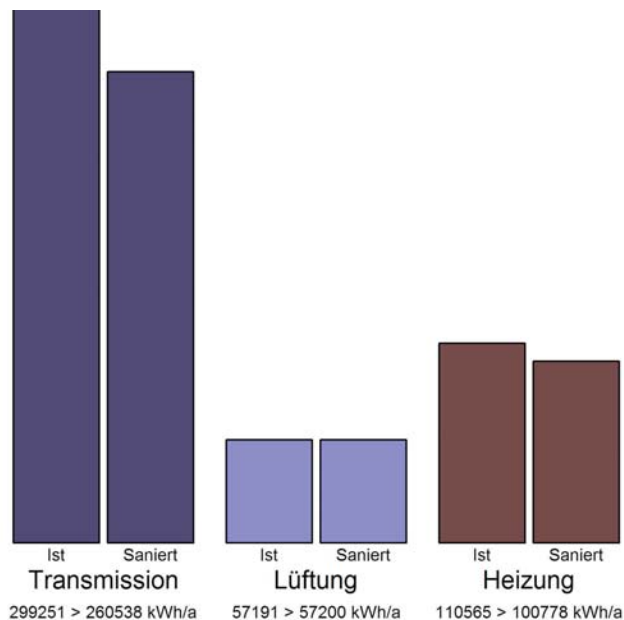
### Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 2 -

keine Maßnahme

## Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **10 %**.

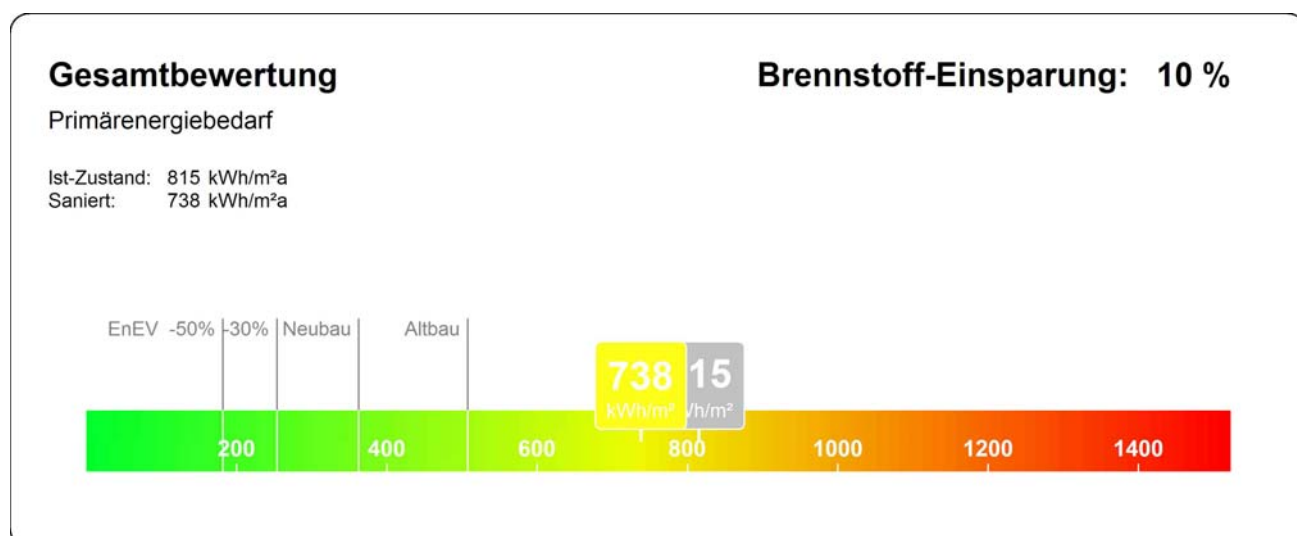
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 476738 kWh/Jahr reduziert sich auf 428025 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 48713 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 11042 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 **738 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	70.404 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>70.404 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	3.364 EUR/Jahr	100.920 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 63.810 EUR/Jahr	+ 1.914.300 EUR
	<u>67.174 EUR/Jahr</u>	<u>2.015.220 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	70.081 EUR/Jahr	2.102.430 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>2.907 EUR/Jahr</b>	<b>87.210 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	27.864 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	25.371 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 -**

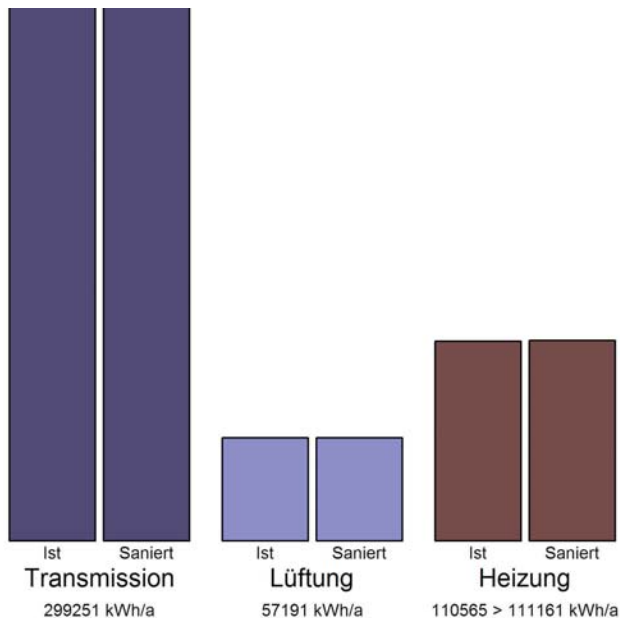
#### **Beleuchtung:**

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

## Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **0 %**.

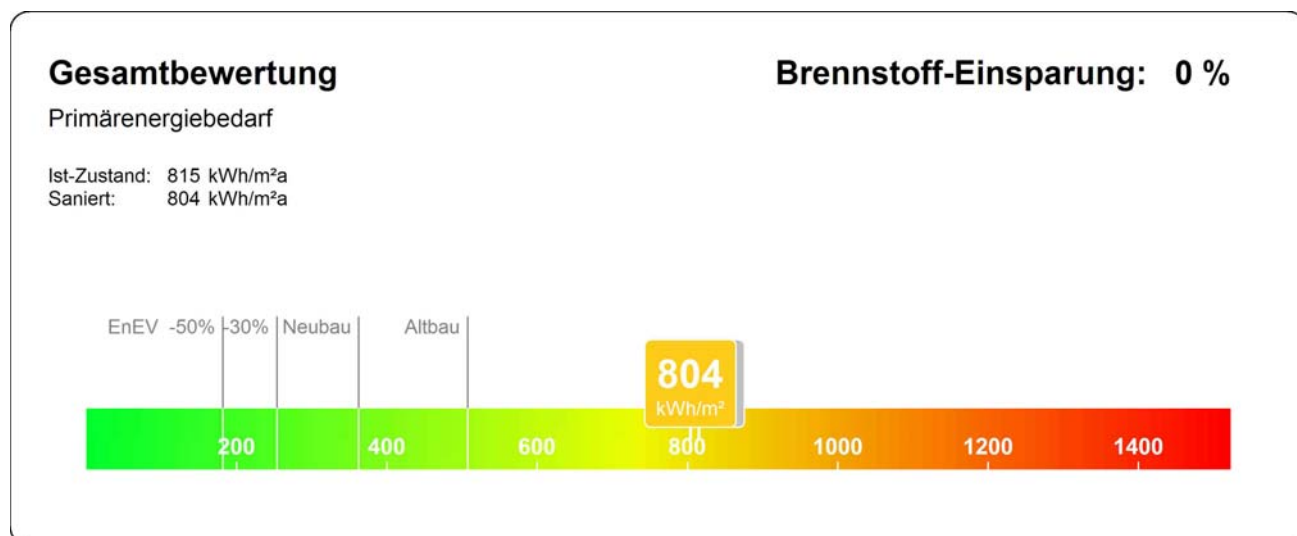
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 476738 kWh/Jahr reduziert sich auf 476121 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 617 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1767 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 **804 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	6.500 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>6.500 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	525 EUR/Jahr	7.875 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 43.771 EUR/Jahr	+ 656.565 EUR
	<u>44.296 EUR/Jahr</u>	<u>664.440 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	44.626 EUR/Jahr	669.390 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>330 EUR/Jahr</b>	<b>4.950 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	15,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	27.864 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	27.331 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	520174	
Var.1 - Anlagentechnik	438298	81876 15,7%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	471048	49126 9,4%
Var.3 - Beleuchtung	513519	6655 1,3%

Primärenergiebedarf $q_p$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung
Ist-Zustand	815	
Var.1 - Anlagentechnik	687	128 15,7%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	738	77 9,4%
Var.3 - Beleuchtung	804	10 1,3%

### Endenergiebedarf

Endenergiebedarf $Q_E$ :	kWh/a	Einsparung
Ist-Zustand	476738	
Var.1 - Anlagentechnik	395430	81308 17,1%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	428025	48713 10,2%
Var.3 - Beleuchtung	476121	617 0,1%

Endenergiebedarf $q_E$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung
Ist-Zustand	747	
Var.1 - Anlagentechnik	619	127 17,1%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	670	76 10,2%
Var.3 - Beleuchtung	746	1 0,1%

### Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf $Q_b$ :	kWh/a	Einsparung
Ist-Zustand	366174	
Var.1 - Anlagentechnik	346412	19762 5,4%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	327247	38927 10,6%
Var.3 - Beleuchtung	364960	1214 0,3%

Nutzenergiebedarf $q_b$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung
Ist-Zustand	574	
Var.1 - Anlagentechnik	543	31 5,4%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	513	61 10,6%
Var.3 - Beleuchtung	572	2 0,3%


### Anlagentechnische Verluste

Anlagentechnische Verluste $Q_t$ :	kWh/a	Einsparung
Ist-Zustand	110565	
Var.1 - Anlagentechnik	49019	61546 55,7%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	100778	9786 8,9%
Var.3 - Beleuchtung	111161	-597 -0,5%

Anlagentechnische Verluste $q_t$ pro $m^2$ :	kWh/ $m^2$ a	Einsparung
Ist-Zustand	173	
Var.1 - Anlagentechnik	77	96 55,7%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	158	15 8,9%
Var.3 - Beleuchtung	174	-1 -0,5%





### Anlagenaufwandszahl





### Anlagenaufwandszahl $e_p$ :

Ist-Zustand	1,42	
Var.1 - Anlagentechnik	1,27	
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	1,44	
Var.3 - Beleuchtung	1,41	





### Schadstoff-Emissionen

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





CO <sub>2</sub> -Emissionen:	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	118688		
Var.1 - Anlagentechnik	100291		18397 15,5%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	107646		11042 9,3%
Var.3 - Beleuchtung	116921		1767 1,5%

CO <sub>2</sub> -Emissionen pro m <sup>2</sup> :	kg/m <sup>2</sup> a		Einsparung
Ist-Zustand	186		
Var.1 - Anlagentechnik	157		29 15,5%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	169		17 9,3%
Var.3 - Beleuchtung	183		3 1,5%

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

NO <sub>x</sub> -Emissionen:	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	96,8		
Var.1 - Anlagentechnik	81,9		14,9 15,4%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	87,9		8,9 9,2%
Var.3 - Beleuchtung	95,3		1,5 1,6%

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

SO <sub>2</sub> -Emissionen:	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	92,1		
Var.1 - Anlagentechnik	80,3		11,8 12,8%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	85,0		7,1 7,7%
Var.3 - Beleuchtung	88,5		3,5 3,8%

### Kosten / Wirtschaftlichkeit

#### Brennstoffkosten

Brennstoffkosten:	EUR/a		Einsparung
Ist-Zustand	27864		
Var.1 - Anlagentechnik	23712		4152 14,9%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	25371		2494 8,9%
Var.3 - Beleuchtung	27331		534 1,9%

#### Brennstoff- und Betriebskosten

Brennstoff- und Betriebskosten:	EUR/a		Einsparung
Ist-Zustand	27864		
Var.1 - Anlagentechnik	23712		4152 14,9%
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	25371		2494 8,9%
Var.3 - Beleuchtung	27331		534 1,9%

#### Gesamtinvestitionskosten

**Gesamtinvestitionskosten:**

	EUR	
Var.1 - Anlagentechnik	51000	
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	70404	
Var.3 - Beleuchtung	6500	

**Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen**

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)

	EUR	
Var.1 - Anlagentechnik	51000	
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	70404	
Var.3 - Beleuchtung	6500	

**Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen**

Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:

	EUR	
Var.1 - Anlagentechnik	37965	
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	87210	
Var.3 - Beleuchtung	4950	

**Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:**

	EUR/a	
Var.1 - Anlagentechnik	2531	
Var.2 - Neue Fenster auch Halle	2907	
Var.3 - Beleuchtung	330	

## 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