

Semesterarbeit  
SS2014  
Ressourcenoptimiertes  
Bauen

Energieberatungsbericht  
Ludwig – Erhard - Schule



Von:

Tamim Raufi

Matrikel-Nr. 920672

Youssef Houna

Matrikel-Nr. 924241

Selman Karapinar

Matrikel-Nr. 934192

Gebäude: Ludwig-Erhard-Schule  
Legienstr. 5  
65929 Frankfurt am Main

Auftraggeber: Hochbauamt Frankfurt am Main  
Gerbermühlstraße 48  
60594 Frankfurt am Main

Erstellt von: Tamim Raufi  
Youssef Houna  
Selman Karapinar

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Ist-Zustand .....	6
2.1	Zonierung .....	9
2.2	Gebäudehülle.....	10
2.3	Anlagentechnik.....	12
2.4	Beleuchtung.....	12
2.5	Kühlung und Lüftung.....	12
2.6	Energetische Bewertung des Ist-Zustandes.....	13
2.7	Energiebilanz des Ist-Zustandes .....	14
2.8	Emissionen im Ist-Zustand .....	15
2.9	Brennstoffbedarf und Energiekosten im Ist-Zustand.....	16
3	Sanierungsmaßnahmen .....	16
3.1	Einbau einer Holzpellet Heizung.....	17
3.1.1	Einbau einer Solaranlage.....	19
	Wie funktioniert eine thermische Solaranlage?.....	20
3.1.2	Keine Sanierung der Kältemaschine.....	22
3.1.3	Vorschlag einer Lüftungsanlage.....	23
3.1.4	Sanierung der Beleuchtung.....	23
3.2	Varianten/Maßnahmenpakete 1 - Gebäudehülle + Kellerdecke + Dach .....	25
3.2.1	Maßnahmen an den Außenwänden .....	25
3.2.2	Maßnahme an der Kellerdecke.....	26
3.2.3	Maßnahmen an den Dächern.....	26
3.3	Varianten/Maßnahmenpakete 2 - Fenster + Türen .....	27
3.3.1	Maßnahmen an Türen und Fenstern .....	27
3.4	Varianten/Maßnahmenpakete 3 - Heizungsanlage + Einbau Solaranlage.....	28
3.5	Austausch der Heizungsanlage und Solaranlage.....	28
3.5.1	Energetische Bewertung zu den genannten Maßnahmen.....	28
3.6	Kosten.....	34
3.6.1	Kosten Maßnahme 1.....	34
3.6.2	Kosten Maßnahme 2.....	34
3.6.3	Kosten Maßnahme 3.....	34
3.6.4	Gesamtkosten (Sanierung in einem Zug).....	35

4	Fördermöglichkeiten.....	37
5	Erklärung zum Text .....	39

## Hinweis

Der Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grund der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten. Alle in diesem Bericht getätigten Aussagen zur Energieeinsparung beruhen auf Berechnungen und Prognosen, d.h. theoretischen Energiebilanzen, bei denen unter anderem zum Nutzerverhalten und zu anderen, nicht genau bekannten Größen sinnvolle Annahmen getroffen werden müssen. Diese Annahmen wurden mit Sorgfalt getroffen und wurden anhand der bekannten Energieverbrauchswerte des jetzigen Gebäudezustands kritisch geprüft. Dennoch sind die berechneten Energieeinsparungen nur Näherungen.

Die Randdaten der Wirtschaftlichkeit sind ebenfalls gewissenhaft, weder zugunsten noch zuungunsten einer Investition gewählt. Insbesondere bei den Investitionskosten handelt es sich um Schätzkosten, wie sie im Rahmen der Energieberatung üblich sind. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in Ihrer Verantwortung. Sie sollten, insbesondere bei bedeutenden Investitionen in Baumaßnahmen und haustechnische Anlagen immer mehrere Vergleichsangebote einholen und kritisch prüfen.

Um Fehler zu vermeiden und eine fachgerechte Ausführung sicherzustellen, sollten Sie für die Umsetzung einen Fachplaner (Architekten oder Ingenieur) hinzuziehen.

Der Beratungsbericht ist urheberrechtlich geschützt und alle Rechte bleiben dem Unterzeichner vorbehalten.

Der Beratungsbericht ist nur für das Schulprojekt und nur für den angegebenen Zweck bestimmt.

Eine Rechtsverbindlichkeit folgt aus unserer Stellungnahme nicht.

# 1 Einleitung

Für die Ludwig-Erhard-Schule (Berufliche Schule) 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,
- gesetzlichen 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 2009). Die Berechnungen wurden mit der Software Energieberater Plus der Firma Hottgenroth durchgeführt. Fehlende Angaben und weitere Daten wurden der Gebäudetypologie der Software entnommen.

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

## 2 Ist-Zustand

Bei dem Gebäude handelt es sich um eine Berufsschule Schule in Frankfurt am Main.

Das Gebäude besteht aus zwei Teilen. Teil eins ist die Schule selbst. Hier handelt es sich um ein Gebäude, das um 1978 erbaut wurde mit Keller, drei Vollgeschossen und die Wohnung des Hausmeisters ein weiteres Geschoss drüber. Im unbeheizten Keller befinden sich Lagerräume und die Haustechnikzentrale (z.B. Heizungsanlage, Lüftungs- und Kühlungsgeräte). Im Erdgeschoss befinden sich Klassenräume, Chemieraum, Physikraum, Haumeisterbüro und eine Kantine. Im 1. OG befinden sich weitere Klassenräume, die Bibliothek, das Sekretariat, die Schulleitung und das Lehrerzimmer. Im 2. OG befinden sich ebenfalls weitere Klassenräume. Im 3.OG befindet sich die Wohnung des Hausmeisters.

Teil zwei ist die Turnhalle. Hier handelt es sich um eine Nebengebäude, die zur gleichen Zeit wie die Schule errichtet wurde. In der Turnhalle befindet sich ein Geräteraum und in den Nebenflächen befinden sich die Umkleieräume, sowie Dusche- und WC-Räume.



Abbildung 1: Haupteingang Schule Nord-Ost



Abbildung 2: Rückansicht Schule Süd-West



Abbildung 3: Ansicht Schule Süd-Ost



Abbildung 4: Ansicht Schule Nord-West



Abbildung 4: Turnhalle Ansicht Süd-Ost und Süd-West



Abbildung 7: Turnhalle Ansicht Nord-Ost

## 2.1 Zonierung

Durch die Bestimmung von Zonen innerhalb eines Gebäudes werden Räume, die dieselben Nutzungsbestimmungen haben (z.B. Flure, Büroräume etc.), zu gemeinsamen Bereichen zusammengefasst, um diese später einfacher bearbeiten zu können. Dabei folgt diese Kategorisierung den Nutzungsrandbedingungen der DIN 18599-14. Ist jeder Raum innerhalb der thermischen Hülle einer Zone zugeordnet, können diese nun untereinander nochmals nach Ausstattungskriterien wie z.B. Klima-/ Heizungsanlagen, Lichtinstallationen etc. unterschieden werden. Dabei sollten jedoch darauf geachtet werden, nicht zu viele unnötige Zonen einzurichten, sondern lediglich die größten Unterschiede der Raumnutzungen zu erfassen.

Bei der Ludwig-Erhardt-Schule ergab die Begehung des Gebäudes, zusammen mit der Bearbeitung der zur Verfügung gestellten Baupläne, insgesamt 12 verschiedene Zonen die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt sind:

Nr.	Zone	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]
1	Gruppenraum/Klassenzimmer (1)	1.740	22,63
2	Verkehrsflächen	2.085	27,12
3	Lager, Technik, Archive (1)	156	2,03
4	Einzelbüro	16	0,21
5	Gruppenraum/Klassenzimmer (2)	1.855	24,13
6	Lager, Technik, Archive (2)	627	8,15
7	Sonstige Aufenthaltsräume	224	2,91
8	Kantine	78	1,01
9	Gruppenbüro	194	2,52
10	Bibliothek-Lesesaal	161	2,09
11	Nebenflächen der Turnhalle	163	2,12
12	Turnhalle	389	5,06
	<b>Gesamt</b>	<b>7.689</b>	<b>100</b>

Nr	Zone	A_NGF	Nutzung	Tage	Nutzungsstunden
1	Klassenzimmer, Gruppenraum	1.740	8 - Klassenzimmer (Schulen), Gruppenraum (Kinder 200)	7	(7/0)
2	Verkehrsfläche	2.085	17 - Sonstige Aufenthaltsräume	250	11 (10/1)
3	Lager, Technik, Archiv	156	20 - Lager, Technik, Archiv	250	11 (10/1)
4	Einzelbüro	16	1 - Einzelbüro	250	11 (10/1)
5	Klassenzimmer, Gruppenraum	1.855	8 - Klassenzimmer (Schulen), Gruppenraum (Kinder 200)	7	(7/0)
6	Lager, Technik, Archiv	627	20 - Lager, Technik, Archiv	250	11 (10/1)
7	Sonstige Aufenthaltsräume	224	17 - Sonstige Aufenthaltsräume	250	11 (10/1)
8	Kantine	78	12 - Kantine	250	7 (7/0)
9	Gruppenbüro	194	2 - Gruppenbüro (2 bis 6 Arbeitsplätze)	250	11 (10/1)
10	Bibliothek - Lesesaal	161	28 - Bibliothek - Lesesaal	300	12 (10/2)
11	Nebenfläche	163	18 - Nebenfläche (ohne Aufenthaltsräume)	250	11 (10/1)
12	Turnhalle	389	31 - Sporthalle, Turnhalle (ohne Zuschauerbereich)	300	15 (10/5)

Abbildung 5: Zonierungsübersicht

## 2.2 Gebäudehülle

Entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch eines Gebäudes hat die Wärmedämmung der Gebäudehülle. Zur Gebäudehülle gehören das Dach, die Außenwände, die Fenster und die Kellerdecke.

Während der Bearbeitung des Projektes ergaben sich leider einige Schwierigkeiten in Bezug auf die zur Verfügung gestellten Materialien und Unterlagen über das Gebäude. Es fehlten detaillierte Skizzen und Beschreibungen über den genaueren Aufbau der Wände sowie der Dächer. Aufgrund dessen war es leider nicht möglich, die genauen Schichtdicken sowie die verwendeten Baumaterialien in das Computerprogramm einzugeben und somit exakte Werte über die Wärmedämmeigenschaften zu erhalten.

Aufgrund dieser Tatsache beziehen sich unsere Wärmedurchgangskoeffizienten der jeweiligen Bauteile auf die Vorgaben des Bauteilkatalogs des verwendeten Programms. Die hieraus resultierenden U-Werte sind vorprogrammierte Erfahrungswerte, die sich aus dem jeweiligen Alter und des geschätzten Aufbaus des Bauteils ergeben.

Deshalb sind Abweichungen der gewählten U-Werte aus dem Programm-Katalog im Vergleich zur Realität möglich.

### Wände

Schule→ Die Wände bestehen aus Stahlbeton mit Putz an der Innenseite.

Turnhalle→ Die Wände bestehen aus Stahlbeton mit Putz an der Innenseite.

### Fenster

Schule→ Bei den Fenstern handelt es sich um eine Drei-Scheiben-Verglasung. Die Rahmen sind aus Aluminium.

Turnhalle→ Bei den Fenstern handelt es sich überwiegend um Glasbausteine und kleinere Nebenflächen sind mit Einfach-Verglasung ausgestattet.

### Dach

Schule/Turnhalle→Bei dem Dach handelt es sich um ein Flachdach aus Stahlbeton mit Bitumenabdichtung. Es ist eine Dämmung von 8cm vorhanden.

### Tür

Schule/Turnhalle→Die Eingangstüren bestehen aus einer Einscheibenverglasung mit hohem Glasanteil.

### Übersicht

	Bauteiltyp	Aktueller U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
1	Bodenplatte Schule	1,00
2	Bodenplatte Turnhalle	1,00
3	Außenwand Schule	1,00
4	Außenwand Turnhalle	1,00
5	Fenster (Dreifach-Verglasung „Alt“)	2,57
6	Fenster (Glasbausteine)	3,00
7	Tür Schule	3,50
8	Tür Turnhalle	3,50
9	Dach Schule	0,60
7	Dach Turnhalle	0,60

## 2.3 Anlagentechnik

### Heizungsanlage

Hersteller:	Viesmann
Bezeichnung:	Vitocrossal 300
Typ:	Brennwert - Kessel
Baujahr:	1987 - 1994
Brennstoff:	Erdgas E
Aufstellort:	Technikzentrale Keller
Kesselgröße	350 l
Nennwärmeleistung kW	297
Kessel Wasserinhalt l	350 l
Zulässige Vorlauftemperatur °C	100
Zulässiger Betriebsüberdruck bar	4

Die Rohrleitungen der Heizung verlaufen innerhalb des Gebäudes und befinden sich zum Teil außerhalb der Thermischen Hülle. Die Abgabe der Wärme erfolgt über Radiatoren in den einzelnen Räumen.

## 2.4 Beleuchtung

Im gesamten Schulgebäude sind KGV Leuchtstoffröhren mit 58W Leistung verbaut. Laut Aussage der Verantwortlichen wurden die Lampen zum selben Zeitpunkt erworben und eingesetzt, sodass sie einen einheitlichen Hersteller und Fabrikat (LUMILUX Cool Daylight) zuzuordnen sind.

Präsenzmelder: Nein

Tageslichtsteuerung: Nein

## 2.5 Kühlung und Lüftung

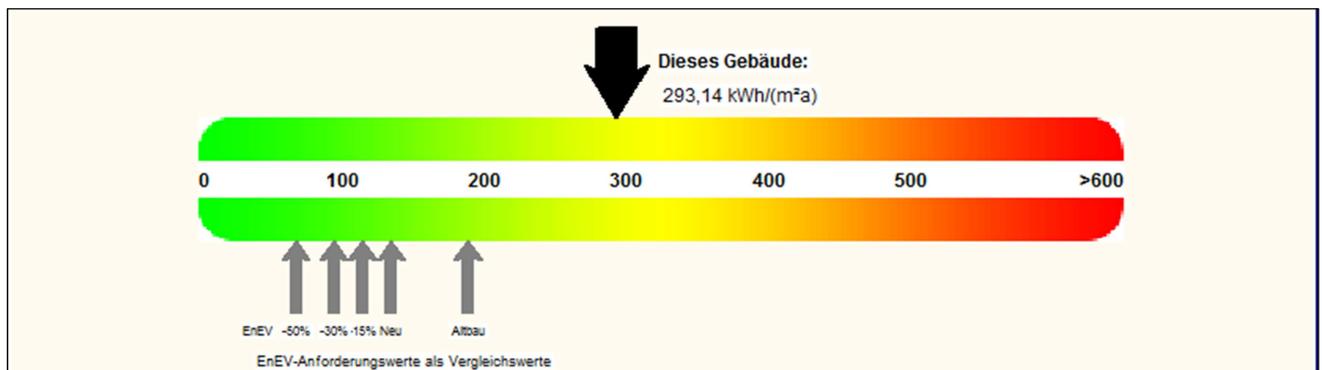
Hersteller	Wolf & Co. Klimatechnik GmbH Mainburg
Typ	KG 400
Baujahr	1980
Luftmenge	41300 m <sup>3</sup> /h
Gesamtpressung	1.180 Pa
Ventilator Drehzahl	76-760 U/min
Motordrehzahl	230-2300 U/min
Motorleistung	2,1 - 21KW

Das Gebäude verfügt im Ist-Zustand über eine Kühlungs- und Lüftungsanlage. Die Lüftung erfolgt in außenliegenden Räumen manuell über das Öffnen der Fenster und im innenliegenden Räumen über die Lüftungsanlage.

## 2.6 Energetische Bewertung des Ist-Zustandes

Die Bewertung des vorliegenden Objektes erfolgt auf der Grundlage einer umfangreichen Bilanzierung aller wesentlichen Energieströme, die mit dem Gebäude zusammenhängen. Verwendet wird dabei die Berechnungsmethode der DIN V 18599, die zu diesem Zweck entwickelt wurde. Bewertungsmaßstab für die energetische Qualität ist in erster Linie der ermittelte Primärenergiebedarf, aber auch der Endenergiebedarf.

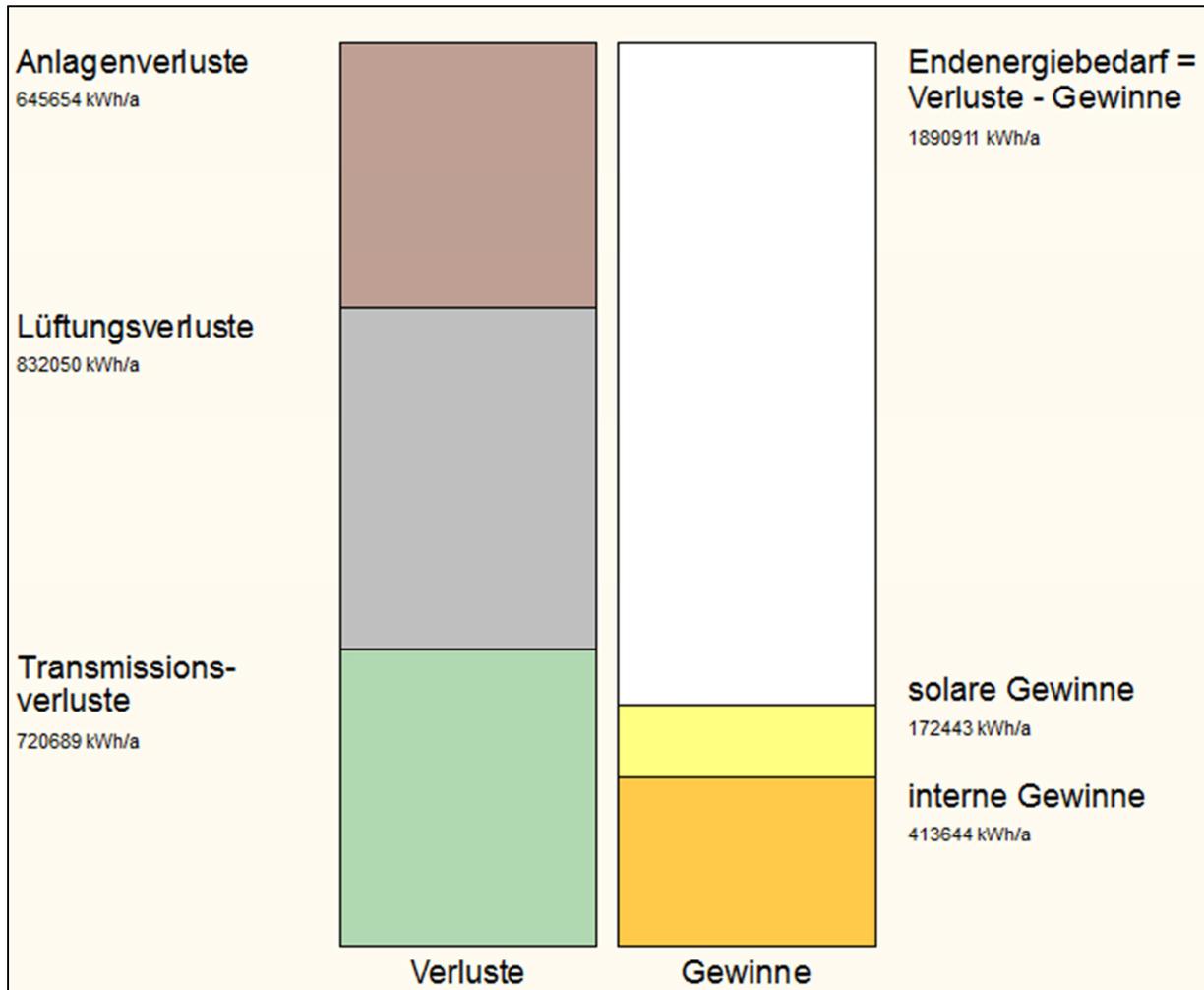
Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nettogrundfläche sowie des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten. Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Nettogrundfläche für Neubauten ergibt sich aus dem Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung, das hinsichtlich seiner Ausführung bestimmten Anforderungen entspricht.



## 2.7 Energiebilanz des Ist-Zustandes

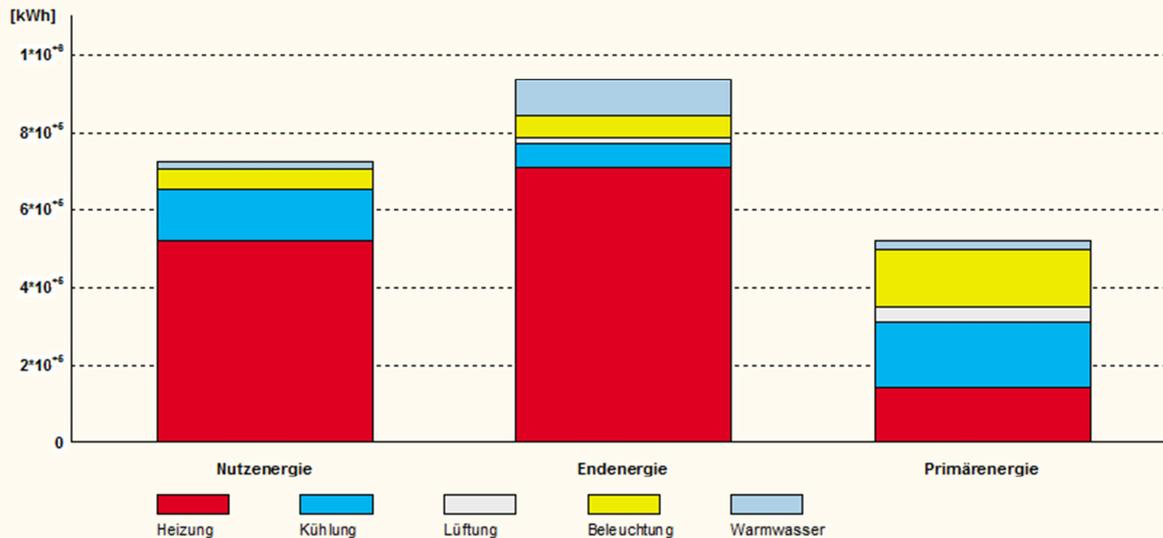
Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie für Heizung und Warmwasserbereitung.

In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinne und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.



### Energiebilanz für das erfasste Gebäude:

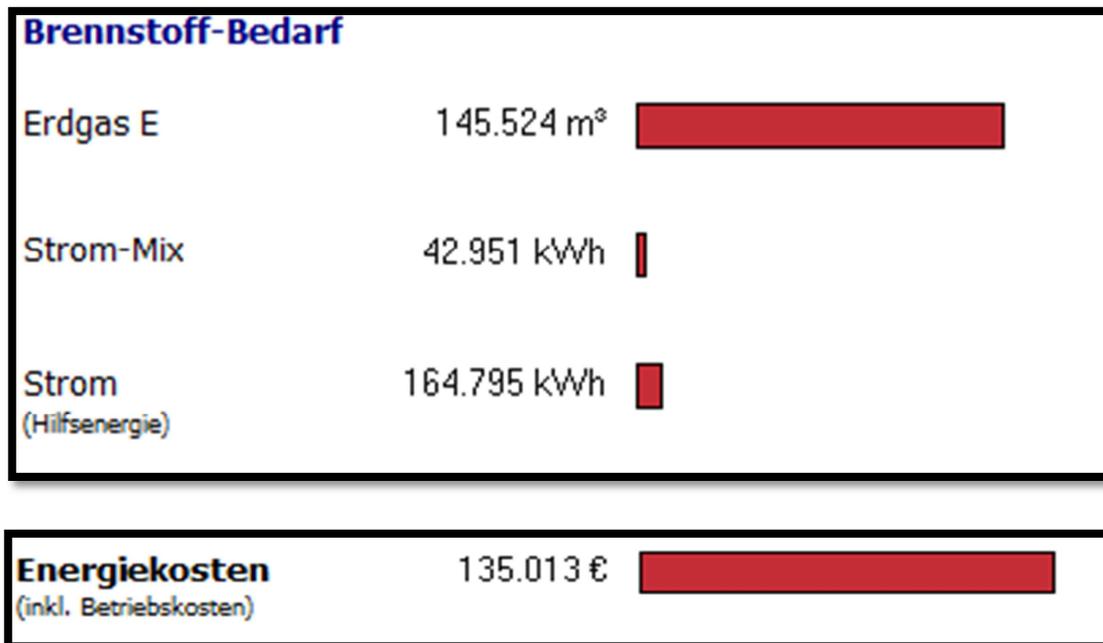
	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	724477	517483	133876	0	55894	17224
	96,18	68,70	17,77	0	7,42	2,29
Endenergie	934677	706819	63618	16013	55894	92333
	124,08	93,83	8,45	2,13	7,42	12,26
Primärenergie	518341	145302	165407	41635	145325	20672
	68,81	19,29	21,96	5,53	19,29	2,74



## 2.8 Emissionen im Ist-Zustand

<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	175.283 kg	
SO <sub>2</sub> -Emissionen	138,84 kg	
NO <sub>x</sub> -Emissionen	146,05 kg	

## 2.9 Brennstoffbedarf und Energiekosten im Ist-Zustand



## 3 Sanierungsmaßnahmen

In den folgenden Varianten wurden verschiedene Sanierungsmaßnahmen kombiniert und berechnet. Aus der Analyse der einzelnen Bauteile und der Heizungs- und Trinkwarmwasseranlage wurden die im Folgenden dargestellten Energiesparmaßnahmen abgeleitet und unter energetischen Gesichtspunkten bewertet. Bei einer Sanierung in einem Zuge wird ein Energieeffizientes Sanieren ermöglicht und das Gebäude erreicht die angestrebten Höchstwerte für eine Energetische Sanierung. Trotzdem haben wir die Sanierung in Schritten mit aufgeführt, um zu zeigen in welche Maßnahmenpakete das Gebäude aufgeteilt werden könnte und wie hoch die Kosten jeweils pro Maßnahme sein würden. Es ist aber zu beachten, dass die Sanierung in Schritten erst vollständig Effizient wirken kann, wenn sie vollständig alle Maßnahmenpakete umgesetzt haben.

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Energiesparmaßnahme werden allein die energetisch bedingten Investitionskosten herangezogen. Darin sind weder übliche Bauunterhaltskosten wie Maler- oder Spenglerarbeiten noch allgemeine Kosten einer Sanierung für z.B. Gerüste, Baustelleneinrichtung, Planungshonorare noch diejenigen Kosten ohnehin fälliger Sanierungen enthalten, die nicht zur energetischen Verbesserung beitragen wie Abbruch und Entsorgung oder eine Kaminsanierung. Die vollständige Kostenermittlung ist eine Planungsleistung im Rahmen der Sanierung.

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen. Die Kosten-Nutzen-Analyse dient vor allem als Vergleichsmaßstab der Energiesparmaßnahmen untereinander. Sie beinhaltet keine Prognose der Kostenentwicklungen in der Zukunft. Als heutige Energiekosten wurden angesetzt:

- Heizgas entspricht 0,10 €/kWh
- Strom 0,240 €/kWh
- Holzpellets 0,28 €/kg entspricht 0,058 €/kWh

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme sollte allerdings nicht allein den Ausschlag zur Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme geben. Die untersuchten Energiesparmaßnahmen sind mit vielfachem **Zusatznutzen** verbunden. Genannt seien insbesondere der steigende Wohnkomfort, die Wertsicherung des Gebäudes, geringere Abhängigkeit von zukünftigen Energiepreissteigerungen sowie Aspekte der Ästhetik und des sozialen Umfeldes. Bei allen Entscheidungen zur Sanierung des Gebäudes sollten immer auch die größere **Behaglichkeit** z. B. durch höhere Wand- und Fußbodentemperaturen oder geringere Zügeffekte durch die neuen Fenster, Türen, Rollladenkästen und Dämmmaßnahmen im Dachbereich berücksichtigt werden. Da die zukünftigen Energiekostensteigerungen kaum einschätzbar sind, führen Investitionen in Energiesparmaßnahmen auch zu deutlich höherer **Kostensicherheit**. Die Folgekosten (Energiekosten) von heute nicht getätigten Investitionen in Energieeinsparung sind nicht kalkulierbar.

In den folgenden Abschnitten werden die Sanierungsmaßnahmen der Technischen Anlagen kurz erläutert um einen allgemeinen Überblick zu erhalten. Außerdem erklären wir, warum wir uns gegen bzw. für eine Sanierungsmaßnahme entschieden haben. Innerhalb der Sanierungsmaßnahme werden kurz die technischen Geräte vorgestellt und erwähnt, weshalb wir uns für einen bestimmten Anlagentyp entschieden haben.

### 3.1 Einbau einer Holzpellet Heizung

Bei der Untersuchung von Sanierungsmöglichkeiten der Heizanlage wurde auch die Möglichkeit der Nutzung einer Heizung mit Kraft-Wärme-Kopplung untersucht. Der Einsatz einer Pelletheizung liegt uns näher, gegenüber dem Einsatz einer Kraft-Wärme-Kopplung aufgrund der Holzpellets die als nachwachsenden Rohstoff gelten und somit niedrigere Umweltbelastungen aufweisen.

Die vorhandene zwanzig Jahre alte Gasheizung wird gegen eine moderne Biomassen-Heizung (Holzpellets) ausgetauscht.

### **Beschreibung der Holz Pelletheizung**

Unter einer Holz Pelletheizung versteht man eine Zentralheizung, deren Brenner nicht mehr fossile Brennstoffe verbrennt, sondern sogenannte Holzpellets. Diese werden aus Holzabfällen wie Sägemehl und Sägespänen gefertigt. Im Vergleich zu fossilen Brennstoffen sind die Holzpellets deutlich günstiger, zum anderen aber sehr viel umweltfreundlicher. Denn bei der Verbrennung werden keine Schadstoffe freigesetzt und der CO<sub>2</sub> Ausstoß ist deutlich geringer. Inzwischen bieten immer mehr Unternehmen aus der Holzverarbeitenden Industrie die Pellets an, so dass es keinen Versorgungsengpass zu befürchten gibt.

Die Zentralheizung an sich ist äußerst flexibel einsetzbar, mit der erzeugten Energie können sowohl gewöhnliche Heizkörper als auch Fußbodenheizungen mit Wärmeenergie versorgt werden. Die Pellets werden direkt neben der Anlage in einem großen Becken aufbewahrt und werden dann per Förderschnecke in den Brennkessel befördert.

Für die Lagerung der Holzpellets ist ein zusätzlicher Raum im Keller erforderlich. Der Lagerraum muss trocken sein, da die Pellets stark auf Mauer- oder zu hohe Luftfeuchte während der Lagerung mit Zerbröseln reagieren. Alternativen zu einem Lagerraum sind vorgefertigte Tanks aus Gewebe oder Stahlblech. Sollte nicht ausreichend Platz zur Lagerung der notwendigen Pellet Mengen vorhanden sein, gibt es auch sogenannte Wochentanks oder Wochenbehälter, die genügend Platz bieten, dass die Zentralheizung für mehrere Tage oder Wochen mit Holzpellets versorgt ist. Allerdings benötigt dies eine zuverlässige Logistik. Des Weiteren gibt es auch sogenannte Erdtanks. In solch einem Tank können die Pellets auch außerhalb des Hauses aufbewahrt werden. Durch eine Saugleitung werden die Pellets dann direkt angesaugt und in den Brennkessel befördert.

### **Montage:**

Für die Montage von Pellet Kessel und Pellet Lager werden je nach Aufwand 3 bis 5 Werkstage benötigt.

### **Lagerraum:**

Die Größe des Lagerraums richtet sich nach dem jährlichen Wärmeverbrauch und der dafür benötigten Menge Holzpellets. Pro Kilowatt Heizlast werden 0,9 Kubikmeter Lagerraum benötigt.

Bei dieser Variante hat der Heizkessel eine Nennwärmeleistung von 100 kW, dazu würden 90 Kubikmeter Lagerraumvolumen benötigt werden. Da dieses Lagerraumvolumen nicht zur Verfügung steht, müsste während der Heizperiode mehrmals geliefert werden.

#### **Anforderung ENEV 2009:**

Mit dem Einbau einer Biomassen-Heizung (Holzpellets) findet zugleich eine Förderung der regenerativen Energien statt, die von der ENEV 2009 mit mindestens 50% vorgeschrieben ist.

„Nach § 5 Anteil Erneuerbarer Energien gilt:

(3) Bei Nutzung von:

flüssiger Biomasse nach Maßgabe der Nummer II.2 der Anlage zu diesem Gesetz und

fester Biomasse nach Maßgabe der Nummer II.3 der Anlage zu diesem Gesetz

wird die Pflicht nach § 3 Abs. 1 dadurch erfüllt, dass der Wärmeenergiebedarf zu mindestens **50 Prozent** hieraus gedeckt wird.“

#### **Brennstoffkosten im Vergleich:**

Die nachfolgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Brennwertkosten für Gasheizung und Holzpellet-Heizung:

<b>Gasheizung</b>			
Brennstoff:	Heizwert:	Einheit:	Arbeitspreis:
-	kWh/Einheit	-	Cent/kWh
Erdgas E	10,42	m <sup>3</sup>	<b>6,26</b>

<b>Pelletheizung</b>			
Brennstoff:	Heizwert:	Einheit	Arbeitspreis:
-	kWh/Einheit	-	Cent/kWh
Holzpellets	4,9	Kg	<b>4,75</b>

### **3.2 Einbau einer Solaranlage**

Bei der Untersuchung von Sanierungsmöglichkeiten in Form einer Solaranlage wurde auch die Möglichkeit der Nutzung einer Photovoltaik Anlage untersucht. Der Einsatz dieser Technologie macht aufgrund der hohen Anschaffungskosten von 20.000 € und der niedrigen Energiegewinnung für uns wenig Sinn. Da wir das Kosten/Nutzen Verhältnis stets im Vordergrund sehen und sowieso die Sonnenenergie als Nutzwärme nutzen möchten, haben wir uns für eine preisgünstigere Solarthermie Anlage entschieden, dessen Kosten bei rund 14.000 € liegen. Die Effektivität und das damit verbundene Kosten/Nutzen Verhältnis so einer Anlage liegt viel höher, als im Gegensatz zu einer Photovoltaik Anlage. Die neue

Solarthermie Anlage soll die Heizung und die Warmwasserbereitung durch natürliche Mittel unterstützen und den Co2 Ausstoß verringern.

### **Allgemein zu Solarthermie**

Solarthermie-Anlagen besitzen Kollektoren die das Sonnenlicht in Wärme umwandeln. Es gibt Solarthermie-Anlagen für die Warmwasserzubereitung und Anlagen die neben der Warmwasserzubereitung auch noch zur Heizungsunterstützung genutzt werden können. Bei der Heizungsunterstützung erwärmt die Solaranlage zusätzlich das Wasser des vom Trinkwassernetz getrennten Heizkreises und vermindert damit den Energiebedarf für die Heizung. Die Kombination ist mit nahezu jeder Heizungsanlage möglich. Die Speicherung der solaren Energie kann durch eine Solarbatterie gewährleistet werden

Mit einer richtig dimensionierten Anlage kann man jährlich 50 % bis 65 % des Warmwasserbedarfs mit Sonnenenergie decken. Im Sommer kann meistens der gesamte Bedarf an Warmwasser über die Solaranlage bereitgestellt werden. Dann kann die konventionelle Heizanlage ganz abgeschaltet werden. Das ist besonders vorteilhaft, weil sie in diesem Zeitraum wegen des wegfallenden Heizbedarfs nur mit einem niedrigen Nutzungsgrad arbeitet.

Solaranlagen zur Warmwasserbereitung zeichnen sich durch eine einfache Anlagentechnik aus und sind technisch ausgereift. Mittlerweile gibt es eine große Anzahl von Solar-Fachfirmen, die über langjährige Erfahrung bei der Anlagenplanung und -montage verfügen. Sie bieten für die unterschiedlichsten Anforderungen eine breite Palette an Anlagenkonzepten an.

#### **3.2.1 Wie funktioniert eine thermische Solaranlage?**

Herzstück einer thermischen Solaranlage ist der Kollektor. Ein Flachkollektor, die am weitesten verbreitete Bauform eines Kollektors, besteht aus einem selektiv beschichteten Absorber, der zur Absorption („Aufnahme“) der einfallenden Sonnenstrahlung und ihrer Umwandlung in Wärme dient. Zur Minimierung von thermischen Verlusten wird dieser Absorber in einen wärme gedämmten Kasten mit transparenter Abdeckung (meistens Glas) eingebettet.

Der Absorber wird von einer Wärmeträgerflüssigkeit (üblicherweise ein Gemisch aus Wasser und ökologisch unbedenklichem Frostschutzmittel) durchströmt, die zwischen Kollektor und Warmwasserspeicher zirkuliert. Thermische Solaranlagen werden über einen Solarregler in Betrieb genommen. Sobald die Temperatur am Kollektor die Temperatur im Speicher um einige Grad übersteigt, schaltet die Regelung die Solarkreis-Umwälzpumpe ein und die Wärmeträgerflüssigkeit transportiert die im Kollektor aufgenommene Wärme in den Warmwasserspeicher

## Komponenten einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung:

Solarregler

Temperaturfühler am Kollektor

Temperaturfühler am Speicher

Solarkreis-Umwälzpumpe

Kaltwasserzufluss

Warmwasserabfluss

Ausdehnungsgefäß

Temperaturfühler für Nachheizung

Ladekreis-Umwälzpumpe



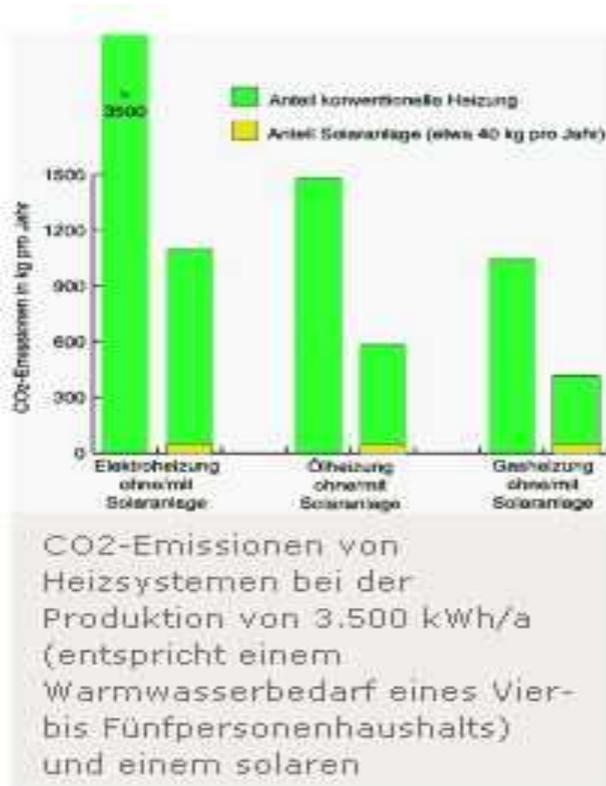
Die konventionelle Heizung gewährleistet über den Ladekreis, daß auch dann ausreichend warmes Wasser zur Verfügung steht, wenn die Solaranlage keine oder zu wenig Nutzenergie liefert. Solaranlagen lassen sich problemlos in die Gebäudetechnik integrieren. Damit ergänzt eine moderne thermische Solaranlage, die mit mindestens 20 Jahren die Lebensdauer eines Heizkessels übertrifft, die konventionelle Heiztechnik ideal.

### Aktiver Umweltschutz

Mit der Installation einer thermischen Solaranlage trägt man aktiv zu einer Verringerung der klimaschädlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. Eine Solaranlage hat gegenüber konventionellen Warmwasserbereitungssystemen eine eindeutig positive CO<sub>2</sub>-Bilanz.

Um übermäßige CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermeiden, sollten Sie darauf achten, dass keine elektrischen Heizanlagen zum Einsatz kommen. Ökologisch optimal ist dagegen der Einsatz einer Solaranlage kombiniert mit rationeller Energietechnik (moderne Brennwertkessel) bei einem möglichst niedrigen Energieverbrauch.

Die energetische Amortisationszeit einer thermischen Solaranlage (Zeitspanne, bis die Solaranlage soviel Energie erzeugt hat, wie zu ihrer Herstellung benötigt wurde) beträgt zwischen einem halben und zweieinhalb Jahre. Im Gegensatz dazu verbrauchen konventionelle Systeme für die Bereitstellung einer bestimmten Menge nutzbarer Energie (Wärme, Strom) immer eine größere Menge an Primärenergie (Kohle, Erdgas, Erdöl, Uran) und amortisieren sich daher energetisch nie.



### 3.3 Keine Sanierung der Kältemaschine

Die Sanierung der Kältemaschine für die Ludwig-Erhard-Schule sehen wir durch die Zahlreichen Maßnahmenpakete die umgesetzt werden, als eine sehr aufwendige Arbeit die mit enorm hohen Kosten verbunden ist. Aufgrund der vollständigen Sanierung der Gebäudehülle und dem Einbau von neuen 3 - Fach Wärmeschutzgläser wird das Gebäude im Sommer nicht mehr so stark erhitzt wie es aktuell der Fall ist. Abgesehen davon weißt die Kältemaschine trotz ihrem hohen alters (34 Jahre) einen Technisch guten Zustand auf, zwar ist sie immer noch Kostenintensiv aber durch die genannten Maßnahmen wird der Kühlbedarf im Sommer reduziert. Die jetzigen Gesamtkosten der Sanierung für alle

Maßnahmen betragen rund 1.143,010 €. Um die Kosten nicht noch höher anzusetzen haben wir deswegen auf die Sanierung der Anlage zunächst verzichtet. Im Abschnitt 4.1.5 haben

wir trotzdem für die Zukunft, wenn das Kosten/Nutzen Verhältnis sich langsam rentiert, eine Sanierung im Bereich der Lüftungsanlage vorgeschlagen in Form einer RLT Anlage. Diese würde zum Heizen und Kühlen einen höhere Effizienz und geringeren Kostenaufwand aufweisen im Verhältnis zu einer Komplet Sanierung der jetzigen Kühlungs- und Lüftungsanlage.

### **3.4 Vorschlag einer Lüftungsanlage**

Durch die geplanten Sanierungsmaßnahmen wird die Gebäudehülle sehr luftundurchlässig, welches durch Verordnungen zum Wärmeschutz auch gefordert wird. Allerdings besteht hierdurch die Gefahr, dass durch nicht angepasstes Lüftungsverhalten es zu Feuchteansammlungen kommt die letztendlich zu Schimmelbildung führen kann. Um dieser Gefahr vorbeugen zu können, empfiehlt sich der Einbau einer Raum-Luft-Technischen (RLT) Anlage. Diese ist jedoch sehr kostenintensiv.

Wir schlagen für die Zukunft den Einbau einer Raum-Luft-Technischen (RLT) Anlage vor, aufgrund der hohen Kosten und den mäßigen bedarf der Schule, haben wir es nicht in die Maßnahmen eingeführt. Es sollte lediglich ein Vorschlag für die Zukunft sein, da die RLT Anlage in Kombination mit der vorhandenen Heizung den Effekt hätte, dass das gesamte Gebäude nur noch über die RLT-Anlage beheizt werden könnte. Die vorhandenen Heizkörper innerhalb der Schule wären somit überflüssig und könnten während der Sanierungsarbeiten entfernt werden. Die Pelletheizung würde an die RLT-Anlage angeschlossen und somit die erwärmte Luft direkt über das Verteilernetz in die einzelnen Klassenräume verteilt werden. Dafür ist es notwendig, Verteilungsrohre von der RLT-Anlage im gesamten Gebäude zu verlegen, um somit die Versorgung aller Räume sicher zu stellen.

Zusätzlich wird ein Wärmetauscher (Wirkungsgrad min. 80 %) installiert, der die warme Abluft aus dem Gebäudeinneren dazu benutzt, die frische Außenluft zu erwärmen, ohne dass sich die beiden Luftströme dabei vermischen. Die neue Luft wird somit ohne Kontakt mit der alten verbrauchten Luft durch diese erwärmt. Dies ist ökologisch und schlägt sich auch positiv auf die Heizkosten nieder.

### **3.5 Sanierung der Beleuchtung**

Die Stabförmigen Leuchtstofflampen mit 58 Watt, werden gegen LED's mit 10 Watt ausgetauscht. Die gesamte Schule sowie die Turnhalle werden mit LED Leuchten ausgestattet.

Die nach der Sanierung von jetzigen Stabförmigen Leuchtstofflampen mit 58 Watt zur 10 Watt LED's entstehen folgende Energieeinsparungen und Amortisation:

Je nach Beleuchtungsdauer amortisiert sich die Umrüstung nach spätestens 3 Monaten. Der Stromverbrauch wurde im sanierten Bereich um durchschnittlich mehr als 50% gegenüber der Altbeleuchtung gesenkt.

### **Allgemein zu LED Leuchten**

Leuchtdioden – LED (Light Emitting Diode)

Die Leuchtdiode ist ein elektronisches Halbleiter-Bauelement. LEDs werden derzeit überwiegend noch nicht als Grundbeleuchtung, sondern als Zusatzbeleuchtung, v.a. zur Gestaltung mit Farben und im Außenbereich, eingesetzt, weisen aber großes Potenzial und viele Einsatzmöglichkeiten auf.

Während LEDs in vielen Bereichen schon lange üblich sind – z.B. Automotiv-Bereich (Bremsleuchte, Rücklichter, Armaturenbeleuchtung), Display-Beleuchtung (z.B. für Mobiltelefone, digitale Fotoapparate, Videokameras), Signalisierung (z.B. Verkehrsampeln, Signallampen) oder Schilder (z.B. Laufschriftanzeigen, Werbetafeln, Informationsschilder) – sind für den Innenbereich (Bürobeleuchtung) derzeit die Farbwiedergabe und Lichtqualität oft noch nicht ausreichend. Es wird erwartet, dass in Kürze aber auch für diesen Einsatzbereich entsprechende LED-Lampen am Markt erhältlich sein werden.

Eine Lichtausbeute von 100 lm/W (weiß) ist in den nächsten Jahren erreichbar.

Das Licht wird gerichtet abgegeben, es ist kein Reflektor nötig, der Leuchten Wirkungsgrad ist daher höher und als System (Lampe + Leuchte) vielfach schon besser als Energiesparlampen. Gute Farbwiedergabe ( $R_a \geq 80$ ) wird derzeit nur bei beschichteten blauen LEDs erreicht.

Derzeitige Anwendungsmöglichkeiten für LED Leuchtmittel in der Allgemeinbeleuchtung sind

unter anderem:

#### **LED – Innenbeleuchtung:**

- Lampen mit Schraubgewinde (zum Ersatz von Glühlampen, zB. LED 10 Watt ersetzt 60Watt Glühlampe)
- Downlights
- Leuchtbänder
- Ein- und Aufbauleuchten, Pendelleuchten

#### **LED – Außenbeleuchtung:**

- Verschiedene Möglichkeiten der Anstrahlung (Scheinwerfer, gebäudenahe & -ferne Anstrahlung)
- Außenleuchten

#### **Wesentliche Vorteile von LEDs:**

- hohe Lebensdauer (ca. 50.000 Std.)

- hohe Energieeffizienz bei farbigem Licht
- viele Möglichkeiten der Lichtgestaltung (Farbeffekte)
- sehr kleine Lichtquellen
- dimmbar & kein Anlaufverhalten
- kaum Wärmestrahlung im Lichtkegel
- UV-freies Licht
- bedarfsgerechte Steuerung

Organische LEDs („OLEDs“) bestehen aus organischen halbleitenden Materialien. Ihre Farbwiedergabe ist sehr gut. Allerdings ist ihre Lebensdauer derzeit noch kürzer als bei anorganischen LEDs und insgesamt wird erwartet, dass ihre Entwicklung noch länger dauern wird.

In dem nächsten Abschnitt werden die verschiedenen Maßnahmenpakete für die Bauteile vorgestellt. Nach einer kurzen Erläuterung zur Bestandssituation werden die Maßnahmen erklärt und daraufhin die alten und neuen U-Werte der Bauteile aufgezeigt.

### 3.6 Varianten/Maßnahmenpakete 1 – Gebäudehülle + Kellerdecke + Dach

#### 3.6.1 Maßnahmen an den Außenwänden

Beim Maßnahmenpaket 1 werden die Außenwände des Bestands mit einem Wärmedämmverbundsystem, einschließlich einer Stärke von 12 cm und einem WLK Wert von  $[0,035 \text{ W/m}^2\text{K}]$  versehen.

Bei der Ausführung müssen folgende Maßnahmen zusätzlich durchgeführt werden:

- Nach Einbringung der neuen Dämmschicht, muss eine Putzoberfläche angebracht werden

Zur Vermeidung von Wärmebrücken:

- Ersetzen der Fensterbänke außen durch neue, tiefere und wärmebrückenfreie Fensterbänke
- Abbau des Eingangsvordaches um die Gesamte Fassade Ordnungsgemäß Dämmen zu können (oder Entfernen des aktuellen Vordaches und Anbringung eines neuen Vordaches)

Durch die Dämmung der Wände verbessert sich der Wärmedurchgangskoeffizient folgendermaßen (je kleiner der Wert, desto besser):

Bauteil	Dämmung	U-Wert vorher	U-Wert nachher
---------	---------	---------------	----------------

		[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Bestand Außenwand</b>	Keine Dämmung	1,00	0,23
<b>Massive Beton Konstruktion</b>			

### 3.6.2 Maßnahme an der Kellerdecke

Der Keller gehört zwar nicht zur Thermischen Hülle, grenzt er aber an der Bodenplatte EG an und sollte somit gedämmt werden, um einen sauberen Abschluss an der Thermischen Hülle zu gewährleisten. Eine lichte Raumhöhe von ca. 2,30 m, ist zwar deutlich wenig aber dennoch empfehlen wir hier die Anbringung einer Dämmung von unten, da die Kellerräume nur für die Leitungen und Technik genutzt werden. Die Dämmung sollte eine WLK von [0,035 W/m<sup>2</sup>K] und eine Stärke von 8 cm nachweisen.

Außerdem kann die Durchführung der Maßnahme in Eigenarbeit erfolgen und ist somit eine preiswerte Investition, die zu einer Energieeinsparung führt.

Die Wärmedämmung der Kellerdecke trägt außerdem zu einer wesentlichen Verbesserung des Behaglichkeitsempfindens im Erdgeschoss bei. Durch die unterseitige Dämmung erhöht sich die Oberflächentemperatur des Fußbodens im Erdgeschoss. Dies wiederum führt zu einer angenehmeren Temperaturschichtung im Raum (geringere Temperaturdifferenz von unten nach oben) und Vermeidung von Fußkälte.

Da unter der Kellerdecke Leitungen der Trinkwasser- und Heizungsanlage verlaufen, kann es eventuell zu einer Umlegung von einzelnen Leitungssträngen kommen.

Bauteil	Dämmung	U-Wert vorher [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert nachher [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Keller Decke</b>	8 cm Wärmedämmung von unten	1,00	0,30

### 3.6.3 Maßnahmen an den Dächern

#### (Flachdach)

Da das letzte Geschoss zum Dach ausgebaut ist und genutzt wird, empfehlen wir eine Wärmedämmung des Daches von außen. Das Flachdach besteht aus 20 cm Stahlbeton, Bitumenvoranstrich, einer Dämmung von nur 8 cm und einer Kies Schüttung von 6 cm. Eine Dämmung von 8 cm ist für die heutigen Verhältnisse, aus energetischer Hinsicht deutlich zu niedrig. Deswegen empfehlen wir die Sanierung des Daches mit einer neuen Wärmedämmung aus Polystyrol Hartschaum Platten. Die Platten weisen eine WLK von

[0,035 W/m<sup>2</sup>K] nach mit einer Stärke von 14 cm. Außerdem soll die Kiesschüttung auf 10 cm erhöht werden, um der neuen Dachkonstruktion einen guten Schutz zu geben.

Bauteil	Dämmung	U-Wert vorher [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert nachher [W/m <sup>2</sup> K]
Flachdach	14 cm	0,60	0,19

### 3.7 Varianten/Maßnahmenpakete 2 – Fenster + Türen

#### 3.7.1 Maßnahmen an Türen und Fenstern

Die Fenster und Türen werden größtenteils erneuert. Hierbei handelt es sich um 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung mit Aluminiumrahmen. Trotz der 3-Scheiben Verglasung, beträgt Der U-Wert der Fenster 2,57 W/m<sup>2</sup>K, da sie beim Neubau der Schule eingebaut wurden und somit alte technische Anforderungen erfüllen.

Als Ersatz für die alten Fenster werden Kunststofffenster mit gedämmten Profilen und Dreischeibenisolierverglasung vorgesehen. Diese „Passivhausfenster“ haben eine Argon Gasfüllung und kommen auf einen U-Wert von 0,70 W/m<sup>2</sup>K. Ein luftdichter Einbau ist sicherzustellen.

Als Ersatz für die Türen im Bereich der Haupteingänge im Bestand sind hochwertige Leichtmetallrahmen mit großflächiger 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung und einem U-Wert von 1,10 W/m<sup>2</sup>K vorgesehen.

Bauteil	Austausch	U-Wert vorher [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert nachher [W/m <sup>2</sup> K]
3-Scheiben- Verglasung Rahmen aus Aluminium	3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	2,57	0,70
Außentüren	Leichtmetallrahmentür mit 3-Scheiben- Wärmeschutzverglkasung	3,50	1,10

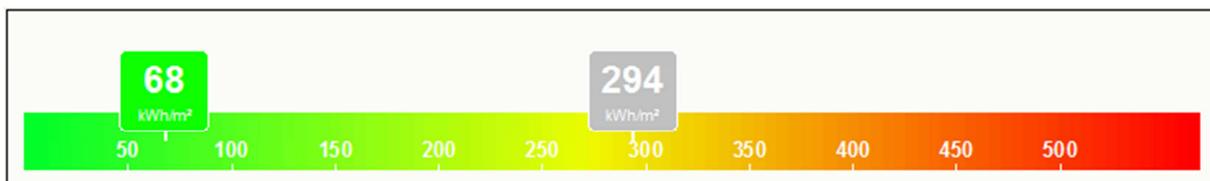
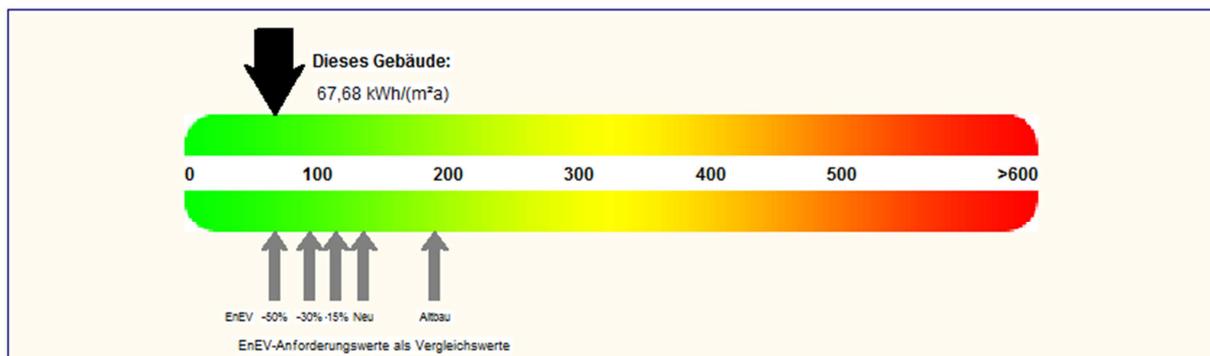
### 3.8 Varianten/Maßnahmenpakete 3 – Heizungsanlage + Einbau Solaranlage

#### 3.8.1 Austausch der Heizungsanlage und Solaranlage

Als letztes Maßnahmenpaket empfehlen wir die Installation einer neuen Heizungsanlage die mit natürlichen Ressourcen gefeuert wird. Zusätzlich sollte die Installation einer Solaranlage zur Unterstützung der Heizung erfolgen. Die aktuellen Anlagen der Schule wurden zusammen mit Sanierungsmaßnahme im obigen Abschnitt bereits vorgestellt, deswegen werden wir hier nicht näher drauf eingehen. (Siehe Seite 14, 3 Sanierungsmaßnahmen)

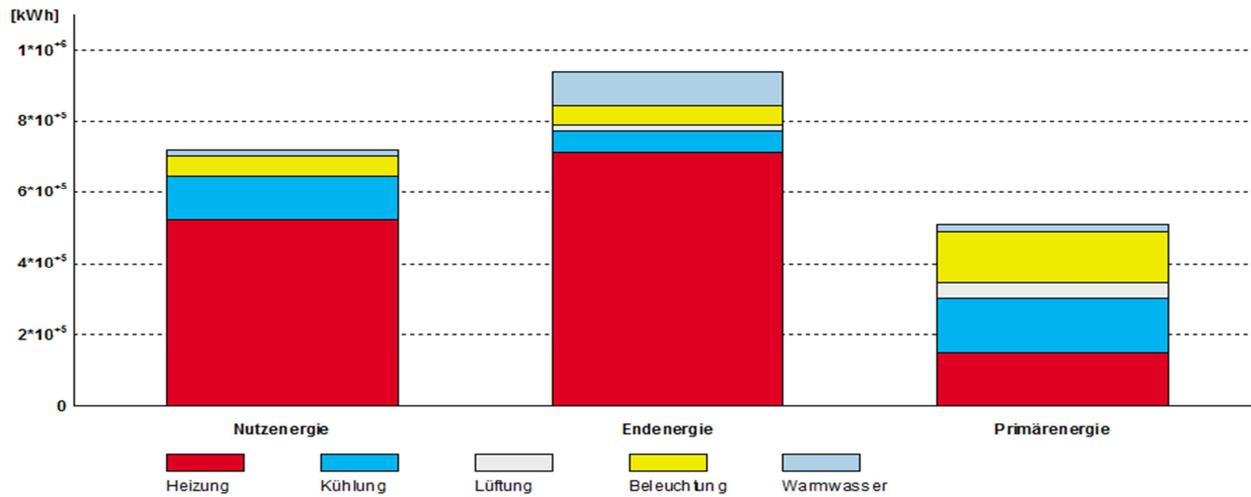
## 4 Energetische Bewertung zu den genannten Maßnahmen

Durch die Durchführung der oben genannten Maßnahmen reduziert sich der Jahresprimärenergiebedarf von 294 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr auf 67,68 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

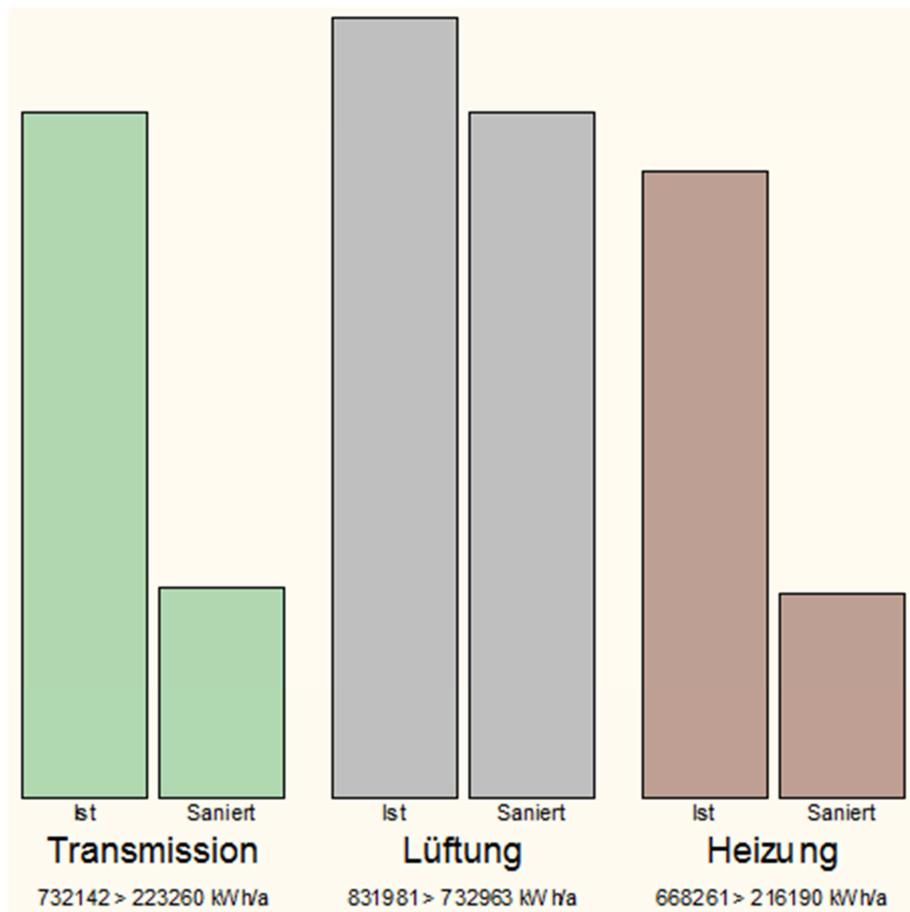


## Energiebilanz nach Sanierung

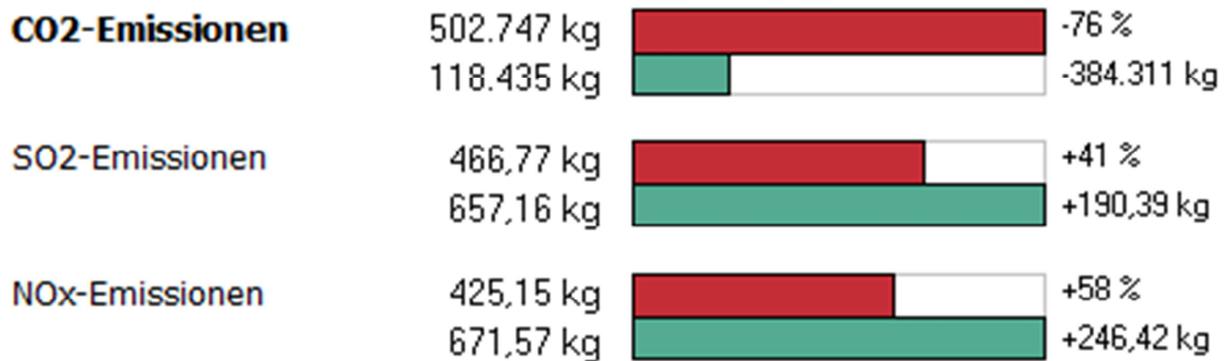
	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	721077	521032	126928	0	55894	17224
	95,73	69,17	16,85	0	7,42	2,29
Endenergie	937267	712918	59806	16013	55894	92635
	124,43	94,64	7,94	2,13	7,42	12,30
Primärenergie	509810	146619	155496	41635	145325	20735
	67,68	19,46	20,64	5,53	19,29	2,75



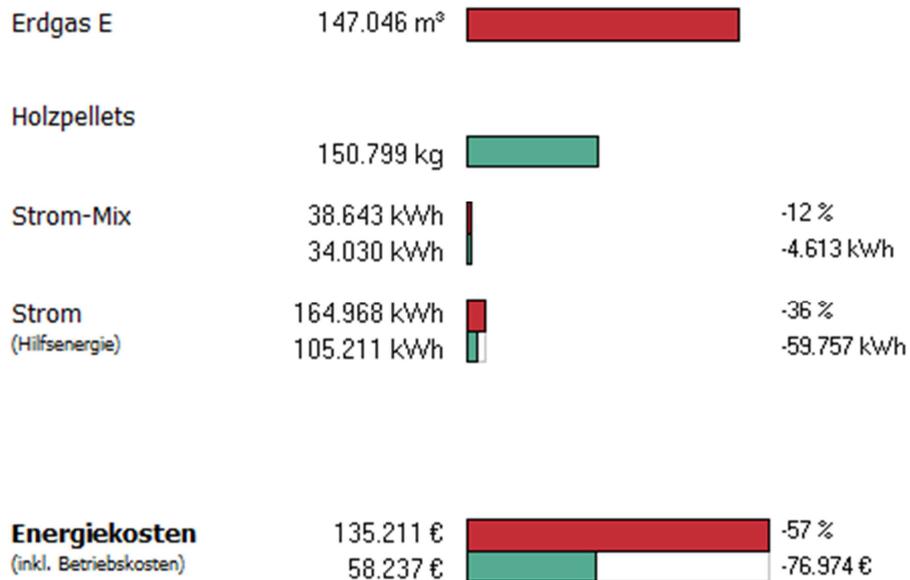
## Transmissions-, Lüftung- und Heizungsbedarf nach Sanierung



## Emissionen nach Sanierung

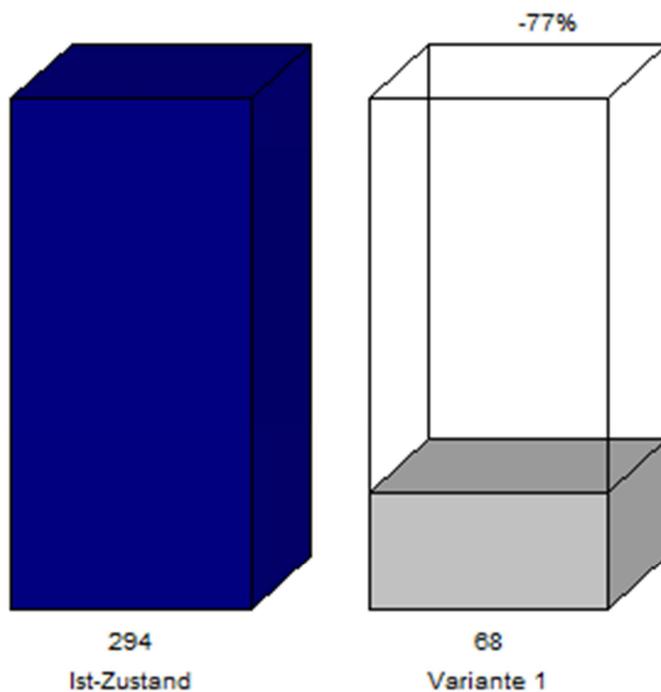


## Brennstoffbedarf und Energiekosten

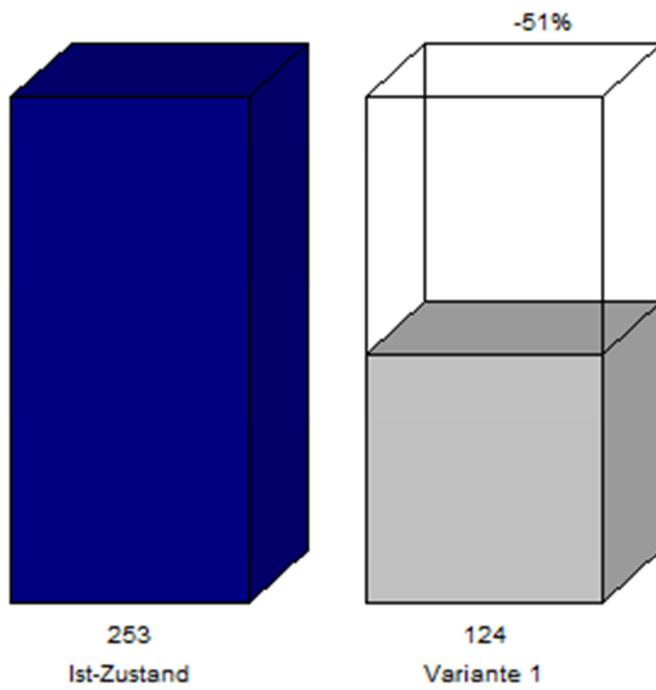


## Gegenüberstellung des Bestands und der Sanierung in einem Zug

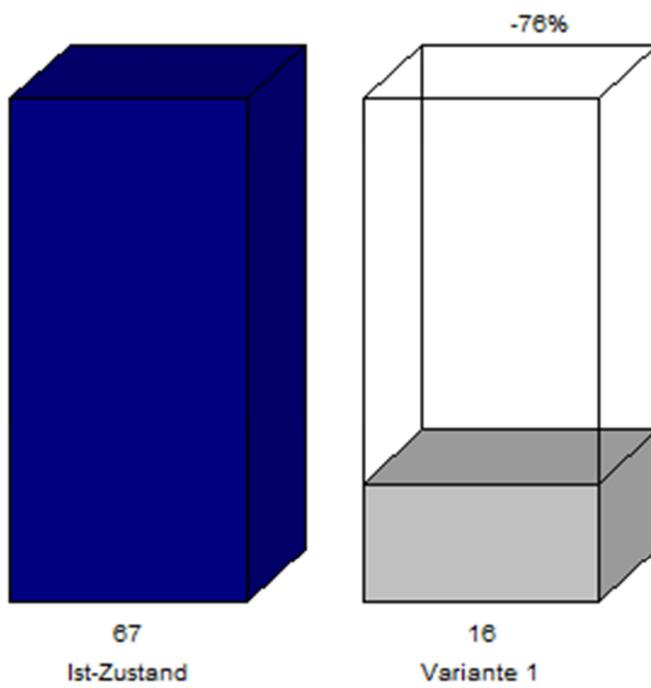
### Primärenergiebedarf [kWh/m<sup>2</sup>a]:



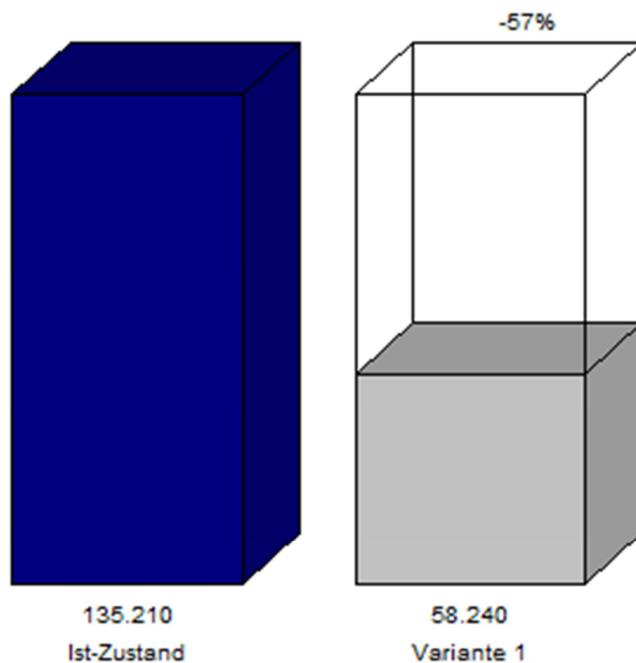
Endenergiebedarf [kWh/m²a]::



CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/m²a]::



### Brennstoffkosten [€/a]:



Bei der Einschätzung des benötigten End- bzw. Primärenergiebedarfs ist es wichtig zu wissen, dass der Endenergiebedarf maßgebend für die Deckung der Kosten des benötigten Energiebedarfs ist und der Primärenergiebedarf Auskunft darüber gibt, wie ressourcenschonend der Energiebedarf gedeckt wird. Wie ressourcenschonend die verwendeten Energieträger einzustufen sind, gibt die EnEV 2009 durch den Primärenergiefaktor vor:

Heizöl und Erdgas haben einen Primärenergiefaktor von 1,1. Strom hat einen Primärenergiefaktor von 2,6 und Holz einen von 0,2. Da eine Pelletheizung mit dem Energieträger Holz gewählt wurde, entsteht die große Differenz zwischen dem End- und dem Primärenergiebedarf.

Durch die geplanten Sanierungsmaßnahmen wird die Gebäudehülle sehr luftundurchlässig, welches durch Verordnungen zum Wärmeschutz auch gefordert wird. Allerdings besteht hierdurch die Gefahr, dass durch unregelmäßiges Lüftungsverhalten Schimmel entsteht aufgrund von Feuchtheitsansammlung. Außer der Manuellen Belüftung in Klassenräumen, die größtenteils ohne Zu- und Abluft Anlage ausgestattet sind, sollten die Bereiche wo keine Fenster verbaut sind, regelmäßig durch die Anlage Belüftet werden um Schimmelbildung zu vermeiden

## 4.1 Kosten

### 4.1.1 Kosten Maßnahme 1

<b>Gebäudehülle + Kellerdecke + Dach</b>			
Kosten Dämmung Außenwände	WDVS 12 cm auf Stahlbeton	9,77 €/m <sup>2</sup>	
Kosten Dämmung Kellerdecke	8 cm Wärmedämmung von unten an Kellerdecke (Polystyrol Hartschaum)	50 €/m <sup>2</sup>	
Kosten Dach	Dämmung auf das vorhandene Dach mit Polystyrol Hartschaum Platten	105,00 €/m <sup>2</sup>	
Gesamt - Investitionskosten			594.400
Erhaltungsaufwand (Betrachtet über 30 Jahre)			80.136
Kosten der Energiesparmaßnahme			514.300
Amortisationszeitraum			5 Jahre
Energiekosten vor Sanierung (Pro Jahr)			135.211,28
Energiekosten nach Sanierung			99.936,91

### 4.1.2 Kosten Maßnahme 2

<b>Fenster + Türen</b>			
Kosten Fenster	3 Scheiben Wärmeschutzvergl.	415 €/m <sup>2</sup>	
Kosten Türen	Leichtmetallrahmentür mit 3 Scheiben Wärmeschutzvergl.	1.200 €/Tür	
Gesamt - Investitionskosten			517.680
Erhaltungsaufwand (Betrachtet über 30 Jahre)			306.097
Kosten der Energiesparmaßnahme			211.582
Amortisationszeitraum			4 Jahre
Energiekosten vor Sanierung (Pro Jahr)			135.211,28
Energiekosten nach Sanierung			101.113,75

### 4.1.3 Kosten Maßnahme 3

<b>Heizungsanlage und Solaranlage</b>			
Kosten Heizung	Pellet Heizkessel	34.000	
Kosten Solaranlage	Solarthermie Anlage	14.000	
Kosten WW-Soeicher		4.208	
Kosten Montage		4.200	
Gesamt - Investitionskosten			54.508
Erhaltungsaufwand (Betrachtet über 30 Jahre)			46.508
Kosten der Energiesparmaßnahme			50.308
Amortisationszeitraum			1 Jahr
Energiekosten vor Sanierung (Pro Jahr)			135.211,28
Energiekosten nach Sanierung			76.966,44

#### 4.1.4 Gesamtkosten (Sanierung in einem Zug)

<b>Gebäudehülle + Kellerdecke + Dach</b>			
Kosten Dämmung Außenwände	WDVS 12 cm auf Stahlbeton	9,77 €/m <sup>2</sup>	
Kosten Dämmung Kellerdecke	8 cm Wärmedämmung von unten an Kellerdecke (Polystyrol Hartschaum)	50 €/m <sup>2</sup>	
Kosten Dach	Dämmung auf das vorhandene Dach mit Polystyrol Hartschaum Platten	105,00 €/m <sup>2</sup>	
Gesamt - Investitionskosten			<b>594.434</b>
Erhaltungsaufwand (Betrachtet über 30 Jahre)			80.163
Kosten der Energiesparmaßnahme			514.272
Amortisationszeitraum			17 Jahre
Energiekosten vor Sanierung (Pro Jahr)			135.211,28
Energiekosten nach Sanierung			99.936,91

<b>Fenster + Türen</b>			
Kosten Fenster	3 Scheiben Wärmeschutzvergl.	415 €/m <sup>2</sup>	
Kosten Türen	Leichtmetallrahmentür mit 3 Scheiben Wärmeschutzvergl.	1.200 €/Tür	
Gesamt - Investitionskosten			<b>517.680</b>
Erhaltungsaufwand (Betrachtet über 30 Jahre)			306.097

Kosten der Energiesparmaßnahme	211.582
Amortisationszeitraum	15 Jahre
Energiekosten vor Sanierung (Pro Jahr)	135.211,28
Energiekosten nach Sanierung	101.113,75

<b>Heizungsanlage und Solaranlage</b>		
Kosten Heizung	Pellet Heizkessel	34.000 €
Kosten Solaranlage	Solarthermie Anlage	14.000 €
Kosten WW-Soeicher		4.208 €
Kosten Montage		4.200 €
Gesamt - Investitionskosten		<b>54.508</b>
Erhaltungsaufwand (Betrachtet über 30 Jahre)		46.508
Kosten der Energiesparmaßnahme		50.308
Amortisationszeitraum		1 Jahr
Energiekosten vor Sanierung (Pro Jahr)		135.211,28
Energiekosten nach Sanierung		76.966,44

<b>Gesamt - Investitionskosten (Vollständig)</b>	<b>1.142,910</b>
Erhaltungsaufwand (Betrachtet über 30 Jahre)	423.722
Kosten der Energiesparmaßnahme	719.187
Amortisationszeitraum	15 Jahre
Energiekosten vor Sanierung (Pro Jahr)	135.211,28
Energiekosten nach Sanierung	<b>58.237,28</b>

## 5 Fördermöglichkeiten

### Förderung

Für die empfohlenen Maßnahmen können nach heutigem Stand verschiedene Förderprogramme in Anspruch genommen werden. Alle aufgeführten Programme sind nur bedingt kumulierbar. Die Programme bzw. die Konditionen der Programme wechseln regelmäßig.

#### **KfW-Förderprogramm „Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung“:**

Im KfW-Programm „Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung“ können Energiesparmaßnahmen über ein zinsgünstiges Darlehen gefördert werden. Mitfinanziert werden auch Planungs- und Beratungsleistungen (Architekt, Energieeinsparberatung, Sachverständiger) sowie die Kosten notwendiger Nebenarbeiten und Materialkosten für Eigenleistungen.

Sowohl Komplettmaßnahmen als auch Einzelmaßnahmen sind durch dieses zinsgünstige Darlehen förderfähig, wenn die technischen Mindestanforderungen erfüllt werden. Bei unseren Sanierungsvorschlägen haben wir uns an diese technischen Mindestanforderungen gehalten.

Es gelten folgende Höchstbeträge:

für eine Sanierung zum KfW-Effizienzhaus 85: 600 Euro pro m<sup>2</sup> Nettogrundfläche (NGF)

für Einzelmaßnahmen: 50 Euro pro Maßnahme und m<sup>2</sup> NGF

Der Zinssatz für das Darlehen, welches über die Hausbank laufen muss, fängt z.B. bei bester Bonität, 20 Jahren Laufzeit, 3 tilgungsfreier Anlaufjahre und 10 Jahre Zinsbindung bei 1,46% Effektivzins plus Aufschläge/Gebühren der Hausbank an. Weitere Informationen unter [www.kfw.de](http://www.kfw.de).

Sollten nicht alle entstehenden Kosten durch das Programm „Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung“ gedeckt werden können, gibt es zusätzlich die Möglichkeit, diese Kosten über das Programm „IKS - KfW-Investitionskredit Soziale Organisationen“ zu finanzieren (*siehe Anlage*). Allerdings sind die Zins-Konditionen nicht so günstig wie beim Programm „Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung“.

#### **KfW-Förderprogramm „Erneuerbare Energien - Standard“:**

Mit dem KfW-Programm „Erneuerbare Energien -Standard“ kann die Installation einer Solaranlage durch einen zinsgünstigen Kredit gefördert werden. Es werden neben dem Kaufpreis auch die Kosten für den Aufbau gefördert. Förderfähig sind nur die Nettoinvestitionskosten. Als gemeinnützige Organisation ist aber darauf zu achten, dass durch die Einspeisung von Strom ins Netz ein wirtschaftlicher Geschäftsbetrieb aufgenommen wird.

Eine Kombination mit anderen KfW-Programmen ist nicht möglich.

Der Zinssatz für das Darlehen, welches über die Hausbank laufen muss, fängt z.B. bei bester Bonität, 5 Jahren Laufzeit, 1 tilgungsfreier Anlaufjahre und 5 Jahre Zinsbindung bei 1,31% Effektivzins plus Aufschläge/Gebühren der Hausbank an.

Bei z.B. ungünstiger Bonität, 20 Jahren Laufzeit, 3 tilgungsfreie Anlaufjahre und 10 Jahren Zinsbindung beträgt der Effektivzins 6,82% plus Aufschläge/Gebühren der Hausbank. Die aktuell geltenden Maximalzinssätze finden Sie in der Konditionenübersicht für die KfW-Förderprogramme im Internet unter [www.kfw.de/konditionen](http://www.kfw.de/konditionen).

#### **KfW-Förderprogramm „Erneuerbare Energien - Premium“:**

Mit dem KfW-Programm „Erneuerbare Energien -Premium“ kann die Installation einer Pelletheizung (Nennwärmeleistung > 100 kW) durch einen zinsgünstigen Kredit gefördert werden. Zusätzlich wird ein Tilgungszuschuss von 20 € je kW installierter Nennwärmeleistung gewährt. Bei niedriger Staubemission (max. 15 mg/m<sup>3</sup>) wird ein Bonus von 20 € je kW gewährt und bei Errichtung eines Pufferspeichers (min. 30l/kW Nennwärmeleistung) ein Bonus von 10 € je kW. Eine Kombination mit anderen KfW-Programmen ist nicht möglich.

Der Zinssatz für das Darlehen, welches über die Hausbank laufen muss, fängt z.B. bei bester Bonität, 5 Jahren Laufzeit, 1 tilgungsfreier Anlaufjahre und 5 Jahre Zinsbindung bei 1,00% Effektivzins plus Aufschläge/Gebühren der Hausbank an.

Bei z.B. ungünstiger Bonität, 20 Jahren Laufzeit, 3 tilgungsfreie Anlaufjahre und 10 Jahren Zinsbindung beträgt der Effektivzins 6,56% plus Aufschläge/Gebühren der Hausbank. Die aktuell geltenden Maximalzinssätze finden Sie in der Konditionenübersicht für die KfW-Förderprogramme im Internet unter [www.kfw.de/konditionen](http://www.kfw.de/konditionen).

#### **Förderprogramm der Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen von Biomassefeuerungsanlagen:**

Biomassefeuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung >100kW werden mit 30% der förderfähigen Ausgaben bezuschusst. Förderfähige Ausgaben sind sämtliche Ausgaben für die Errichtung der Biomassefeuerungsanlagen, einschließlich des Wärmeerzeugers, der Brennstofflagerung und Brennstoffzuführung, der Abgasreinigung (Entstaubung) und Abgasführung (Kamin), der Baulichkeiten und der sonst notwendigen Einbindearbeiten. Eine Kombination mit dem KfW-Programm „Erneuerbare Energien -Premium“ ist möglich, allerdings sinken die förderfähigen Ausgaben um die Zuschüsse aus diesem Programm.

Der Förderantrag wird durch die „hessenENERGIE Gesellschaft für rationelle Energienutzung mbH“ geprüft, die auch eine empfohlene kostenlose Vorfeldberatung durchführt.

Nähere Informataionen finden Sie unter:

<https://www.wibank.de/de/Foerderprogramme/Infrastruktur/Energie-Biomassefeuerungsanlage.html>

## 6 Erklärung zum Text

### Primärenergie

Primärenergie ist die direkt in den Energiequellen vorhandene Energie (zum Beispiel Brennwert von Kohle). Primärenergieträger sind zum Beispiel Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas, Wasser, Wind, Kerbrennstoffe, Solarstrahlung etc.

Die Primärenergie wird in Kraftwerken, Raffinerien usw. in die sogenannte Endenergie umgewandelt. Dabei kommt es zu Umwandlungsverlusten. Ein Teil der Primärenergie wird auch dem nichtenergetischen "Verbrauch" zugeführt (zum Beispiel Rohöl für die Kunststoffindustrie).

### Endenergie oder Sekundärenergie

Sekundärenergie ist die Energie, die aus der Primärenergie durch Umwandlung gewonnen wird. Dabei wird die Primärenergie in eine Form umgewandelt, die der Verbraucher nutzen kann. Beispiele dafür sind:

- Strom aus der Steckdose für Elektrogeräte oder Beleuchtung
- Erdgas oder Holzpellets für Heizungsanlagen
- Heizwärme aus einem Fernwärmenetzanschluss für die Hausheizung
- Wärmeenergie aus einem Sonnenkollektor für die Warmwasserbereitung
- Biogas aus einer Biogasanlage für Heizungsanlagen

### Nutzenergie

Unter Nutzenergie versteht man denjenigen Anteil der Endenergie, welcher dem Verbraucher tatsächlich zur Verfügung steht. Abgezogen sind dabei Verluste, die zum Beispiel beim Transport von Strom in Leitungen entstehen. Oder bei Benzin wären dies Verluste durch Restmengen in Tankwagen oder Verdunstungsverluste bei der Umfüllung. Beispiele für Nutzenergie sind:

- die Wärmeenergie, die in einem Liter kochend heißem Wasser steckt.
- die Wärmeenergie, die in einem 20 ° C warmen Wohnraum steckt.
- die Lichtenergie, die eine Glühlampe während 1 Stunde abstrahlt
- die kinetische Energie, die in einem auf 100 km/h beschleunigten PKW steckt
- die potentielle Energie, die in hochgehobenen Lasten steckt

### Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

Der Wärmedurchgangskoeffizient wird hauptsächlich durch die Wärmeleitfähigkeit und die Dicke des Materials bestimmt und gibt letztendlich an wie viel Leistung pro Kelvin Temperaturunterschied zwischen Innen- und Außenseite pro m<sup>2</sup> fließt. Letztendlich ist der Wärmedurchgangskoeffizient ein Faktor für den Wärmeverlust des jeweiligen Bauteils.