

## Anhang 3a Baustein 3 - Feinanalyse Einzelberichte

### Heidensteilschule Bereich Schulgebäude Pestalozzistraße 2 55743 Idar-Oberstein

Baujahr	1961
Wärmeübertragende Umfassungsfläche A	5.194 m <sup>2</sup>
Beheiztes Gebäudevolumen V <sub>e</sub>	11.964 m <sup>3</sup>
Verhältnis A/V <sub>e</sub>	0,43



## 1 Bestandsaufnahme

### 1.1 Grunddaten

Das Schulgebäude wurde im Jahre 1961 in der Pestalozzistrasse 2 erbaut, im Jahre 1965 wurden in der Layenstrasse ein zweites Treppenhaus und ein Anbau errichtet.

Das Gebäude besteht in der Pestalozzistrasse aus überwiegend 2 Vollgeschossen, in der Layenstrasse aus 3 Vollgeschossen.

Die Dachgeschosse sind unbeheizt, die Treppenhäuser sind nach oben durch Flachdächer abgeschlossen.

Der Anbau aus dem Jahre 1965 ist derzeit ungenutzt und gering beheizt.

Die Gebäude sind in Massivbauweise errichtet.

Im Jahre 2013 fand eine umfassende Innensanierung des Gebäudes aus dem Jahre 1961 (Pestalozzistrasse/Layenstrasse) statt, der Anbau 1965 soll nach Angaben der Stadtverwaltung folgen.

Im Rahmen dieser Sanierung wurden auch die obersten Geschossdecken des Gebäudes 1961 und des Anbaus 1965 mit zusätzlich 14 cm Dämmung gedämmt, die Beleuchtung im Gebäude 1961 erneuert, sowie die Heizanlage der gesamten Liegenschaft.

Schon in den Vorjahren wurden teilweise Fenster ausgetauscht, Geschossdecken gedämmt und weitere Maßnahmen durchgeführt, auf die noch im Laufe dieses Berichtes eingegangen wird.

Gegenstand dieses Berichtes sind die zuvor beschriebenen Schulgebäude, die angrenzende Schwimmhalle, Mehrzweckhalle und Bühnenanbau folgen in einem separaten Bericht.



Nordansicht, Pestalozzistrasse , Gebäude 1961



Zwischenbau zur Schwimmhalle, energetisch in gutem Zustand, nicht Gegenstand der Betrachtung



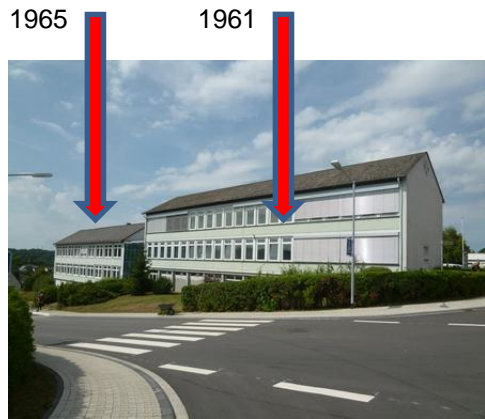
Nordansicht, Gebäude 1961



Nordansicht Treppenhaus, Gebäude 1961



Nordansicht, Gebäude 1961



Ostansicht Gebäude 1961, Anbau Treppenhaus 1965 und Anbau Schule 1965, Ansicht Layenstrasse



Westansicht Anbau 1965



Westansicht Treppenhaus 1965, rechts Anbau 1965, links Gebäude 1961



Südansicht Treppenhaus 1961, UG Pausenhalle



Südansicht Gebäude 1961

### Gebäudedaten

Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude	
Baujahr:	1961	
Energiebezugsfläche $A_{NGF}$ :	2.908,0	m <sup>2</sup>
Gebäudevolumen $V_e$ :	11.964,14	m <sup>3</sup> (Brutto)
Wärmeübertragende Umfassungsfläche A:	5.194,17	m <sup>2</sup> (Brutto)
A/V-Verhältnis:	0,43	m <sup>-1</sup>
Fensterflächen:	873,20	m <sup>2</sup>
Vollgeschosse:	3	
charakteristische Breite:	10,28	m
charakteristische Länge:	122,84	m

### Gebäudeansichten

Siehe Seite 2 und 3

## 1.2 Nutzerverhalten

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Nutzer abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten, die Raumtemperaturen und Anzahl der beheizten Räume wesentlichen Einfluss.

Bei der Bilanzerstellung sind wir von typischen Randbedingungen in der vorliegenden Gebäudekategorie Schulen sowie von Ihren Angaben ausgegangen.

Das Nutzerverhalten geht insbesondere in die zugrunde gelegte mittlere Raumtemperatur und die Lüftungsintensität ein.

Die Gebäude werden überwiegend als Klassenräume genutzt, teilweise auch zu Verwaltungszwecken. Im vorderen Teil des Gebäudes Richtung Pestalozzistraße befindet sich im EG noch eine kleine Hausmeisterwohnung.

Der Anbau 1965 ist derzeit ungenutzt und soll in den kommenden Jahren für eine Ganztagschule nach Angaben der Stadtverwaltung genutzt werden.

Durch die derzeit unterschiedlichen Heiztemperaturen werden die Gebäude im Mittel mit einer Raumtemperatur von 19°C berechnet.

## 1.3 Bisherige wärmetechnische Investitionen am Gebäude

Im Jahre 2013 fand eine umfassende Innensanierung des Gebäudes aus dem Jahre 1961 (Pestalozzistraße / Layenstraße) statt, der Anbau 1965 soll nach Angaben der Stadtverwaltung folgen.

Im Rahmen dieser Sanierung wurden auch die obersten Geschossdecken des Gebäudes 1961 und Anbaus 1965 mit zusätzlich 14 cm Dämmung gedämmt, die Beleuchtung im Gebäude 1961 erneuert, sowie die Heizanlage der gesamten Liegenschaft erneuert.

Schon in den Vorjahren wurden teilweise Fenster ausgetauscht, Geschossdecken gedämmt und weitere Maßnahmen durchgeführt, auf die noch im Laufe des Berichtes eingegangen wird.

## 1.4 Gebäudezonen

Gemäß DIN V 18599 Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger, 6.2 wurde das Gebäude in folgende Zonen gegliedert. Kriterien für die Unterteilung eines Gebäudes in einzelne Zonen sind unter anderem eine differenzierte Nutzung, eine abweichende Konditionierung einzelner Räume oder aber auch große Unterschiede bezüglich der jeweiligen Raumtiefe.



Zone	Temp. [°C]	Fläche $A_{NGF}$ [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]	Volumen $V_{netto}$ [m <sup>3</sup> ]	Zonenhülle [m <sup>2</sup> ]	Personen [Anzahl]	Konditionierung (Hz/Tw/K/RLT/Bel)	Trinkwasser- nutzung <sup>1)</sup>
Schule	19,0	2.908	100,0	9.306	5.194	-	ja/-/-/ja	keine

Die Trinkwarmwasserbereitung wird wegen Geringfügigkeit vernachlässigt.

### 1.5 Angaben zur Gebäudehülle

Die folgende Tabelle zeigt die derzeitige Qualität der Gebäudehülle durchschnittlich für jede Bauteilkategorie im Vergleich zu einem optimalen Wärmetransferkoeffizienten. Eine detaillierte Auflistung aller Bauteile finden Sie ggf. im Anhang.

Kategorie	Fläche [m <sup>2</sup> ]	mittlerer U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Anteil [%]	Transmission optimaler U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
Keller	1.284	0,94	5,15	0,11
Dach	1.288	0,32	7,90	0,08
Wand	1.749	1,73	45,83	0,10
Fenster	873	2,75	41,12	0,80

#### 1.5.1 Grenzflächen nach oben (Dach)

Die Abgrenzung der thermischen Hülle nach oben bilden die obersten Geschossdecken in den Gebäudeteilen 1961 bzw. Anbau 1965 und die Flachdächer der Treppenhäuser. Der Dachraum ist unbeheizt.

Er ist daher in die thermische Hülle des Gebäudes nicht mit einbezogen.

Die oberste Geschossdecke des Gebäudes 1961 war bereits mit 8 cm Polystyrol gedämmt (siehe Bilder) und wurde 2013 mit weiteren 14 cm Dämmung nachgedämmt.



Die oberste Geschossdecke des Anbaus 1965 war bereits mit 5 cm Holzwolleplatten gedämmt (siehe Bild) und wurde 2013 mit weiteren 14 cm Dämmung nachgedämmt.



An den oben genannten obersten Geschossdecken besteht durch die 2013 erfolgte Zusatzdämmung kein weiterer Sanierungsbedarf mehr.

Die Flachdächer der Treppenhäuser sind gemäß Angabe der Stadtverwaltung mit 4 cm Kork gedämmt.

Bei einem sich ergebenden U-Wert von ca.  $0,90 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sollten diese Flachdächer im Falle einer anstehenden Flachdachsanierung auf das Niveau der dann geltenden Energieeinsparverordnung nachgedämmt werden.

### 1.5.2 Grenzflächen seitlich (Außenwände)

Die seitliche Abgrenzung der thermischen Hülle wird von den Außenwänden und den Fenstern gebildet.

Die Wände sind im Untergeschoss teilweise in Beton errichtet, teilweise als ausgemauerte Skelettkonstruktionen, in den Obergeschossen sind die Außenwände in verschiedene Arten von Mauerwerken als Ziegelmauerwerk oder Hohlblocksteine zwischen Stahlbetonskeletten errichtet.



Durch die zahlreichen Heizkörpernischen (Anbau 1965) und Stahlbetonskelette sind die Außenwände stark wärmebrückenbehaftet.

Im Gebäudeteil 1961 gibt es keine Heizkörpernischen, allerdings auch hier Stahlbetonskelette.



Auch an Fenstern sind teilweise ausgeprägte Wärmebrücken auffindbar.

### **1.5.3 Grenzflächen nach unten (Keller)**

Die Abgrenzung der thermischen Hülle bildet die Bodenplatte im EG des zweigeschossigen Gebäudeteils 1961 in der Pestalozzistrasse und der Kellerfußboden im 1. UG und 2.UG des restlichen Gebäudes 1961 und Anbaus 1965.

Die Bodenplatte der Klassenräume des zweigeschossigen Gebäudeteils 1961 ist mit 4 cm Dämmung gedämmt, von den Kellerfußböden in den Untergeschossen gibt es keine genauen Angaben, daher wurden hier Typologiewerte in der energetischen Berechnung angesetzt.

Die Untergeschosse sind beheizt.

Sie sind daher in die thermische Hülle des Gebäudes mit einbezogen. Die zeitweise Nutzung findet bei der Bezifferung der durchschnittlichen Raumtemperatur Berücksichtigung.

### **1.5.4 Transparente Bauteile (Fenster, Türen)**

Zur seitlichen Abgrenzung der thermischen Hülle gehören die Fenster. Diese wurden in den Jahren 1988, 1991, 2007, 2008, 2013 durch Kunststofffenster ausgetauscht, auf der Südseite sind aber auch noch isolierverglaste Alufenster vorhanden.

Ebenso sind die Eingangstüren auf der Nordseite und Ostseite noch veraltet (Alu-isolierverglast).

Die Fenster sind im jeweiligen Zustand, Ihrer Altersklasse entsprechend.

Im Kellergeschoss sind in Lagerräumen auch noch einfachverglaste Fenster anzutreffen.

Im Folgenden werden exemplarisch einige Fensterarten aufgeführt:



Fenster Anbau 1965, 1991 erneuert



Fenster Gebäude 1961 Südseite  
 in Alu, 2-fachverglast, vermutlich  
 1983 erneuert



Fenster Gebäude 1961 Nordseite,  
 2007 erneuert



Fenster Gebäude 1961, Ostseite EG  
 und OG, 1988 erneuert  
 Fenster WC Bereich UG 2013 erneuert



Kellerfenster Anbau 1965, teilweise 1-fachverglast



Fenster Treppenhaus Gebäude 1961,  
 Nordseite, 1991 erneuert, ältere Ein-  
 gangstüren aus Alu, isolierverglast





Fenster Treppenhaus 1965, 2008 erneuert (blau), links EG und OG Gebäude 1961, 1991 erneuert



Türen/Fenster Pausenhalle UG, 2013 erneuert

### 1.5.5 Wärmetechnische Schwachstellen, Wärmebrücken

Im vorliegenden Gebäude wurden auch Wärmebrücken gefunden.

Diese sind im Wesentlichen an den Außenwänden anzutreffen, siehe Ausführungen Abschnitt 1.5.2., im Speziellen sind es auskragende Vordächer, Fensterlaibungen, Heizkörpernischen, Stahlbetonskelle.

### 1.6 Transmission durch Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Punkte, Winkel und Flächen der Gebäudehülle, an denen gegenüber den übrigen Bauteilen erhöhte Transmissionen stattfinden. Man unterscheidet geometrische und konstruktive, lineare und flächenhafte Wärmebrücken.

### 1.7 Angaben zur Wärmeversorgung

#### Zustand der Anlage

Die Heizkessel (Standort Schwimmhalle) wurden 2013 durch moderne Gasbrennwertkessel erneuert. Auf diese wird im Bericht zur Schwimmhalle, Mehrzweckhalle und Bühnenanbau näher eingegangen.

Teilweise wurden im Schulgebäude 1961 die Heizkörper erneuert und neue Thermostatventile eingebaut.



### Versorgungsbereiche

Das Gebäude wurde hinsichtlich der technischen Versorgung in Versorgungsbereiche unterteilt. Ein Versorgungsbereich fasst jeweils die Gebäudebereiche zusammen, die von der gleichen Technik versorgt werden. Nachfolgend sind die Versorgungsbereiche aufgelistet. Eine detaillierte Auflistung der Daten finden Sie ggf. im Anhang.

#### 1.7.1 Versorgungsbereiche

Versorgungsbereich	Wärmeversorgung
Lage	zentral
Nachtabsenkung/-abschaltung	ja/nein
Wochenendabschaltung	ja
Pufferspeicher	nein

#### 1.7.2 Heizkreise

##### Heizkreise des Versorgungsbereiches Wärmeversorgung

Heizkreis	Heizkreis
<b>Wärmeabgabe</b>	
Art der Wärmeabgabe	Heizkörper
Anordnung	Heizkörper nach Außen
Heizkreistemperatur	70/55°C
<b>Heizungsregler</b>	
Regelung	Thermostatventil mit 1 K / 0,5 K Schaltdifferenz
elektrische Regelung	nicht elektrisch geregelt
<b>Umwälzpumpe</b>	
Pumpenregelung	variable Delta P der Pumpenregelung
Pumpenmanagement	integriertes Pumpenmanagem. aussentemperaturgeführter Kesseltemp.
<b>Leitungsnetz</b>	
Einrohrnetz	nein
hydraulisch abgeglichen	ja
versorgte Zonen	Schule

### 1.7.3 Wärmeerzeuger

#### Wärmeerzeuger des Versorgungsbereiches Wärmeversorgung

Wärmeerzeuger	Wärmeerzeuger
Baujahr	2013
Art	Zentralheizung (im Unbeheizten)
Technik	Brennwertgerät
Energieträger	Erdgas (incl. Flüssiggas)

#### detaillierte Daten

##### Kessel

Teillastwirkungsgrad	1,06
Kessel-Bereitschaftsverlust	0,00
Kesselwirkungsgrad	0,97

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral mit Elektroboilern und Untertischgeräten und ist gering.



## 1.8 Beschreibung und Bewertung der Lüftung

Die Lüftung erfolgt natürlich über Fenster (Kipp- und Stoßlüftung).  
 Sie wird in den Klassenräumen in den Heizmonaten als gering eingestuft, da keine Lüftungsanlage vorhanden ist.

### 1.8.1 Lüftungsbereiche

Lüftungsbereich	Lüftung
Lüftungsart	die Lüftung erfolgt als freie Lüftung (Fenster)
versorgte Zonen	Schule



## 1.9 Beleuchtung

Die Beleuchtung wird bereichsweise betrachtet. Ein Beleuchtungsbereich ist eine Zone (oder ein Teil von ihr), in der spezifische Beleuchtungsverhältnisse herrschen. Beschrieben wird zunächst die räumliche Struktur, die Ausstattung mit künstlicher Beleuchtung, der elektrische Anschlusswert und der berechnete jährliche Endenergieeinsatz für die Beleuchtung.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Beleuchtungsbereiche im Objekt **Heidensteilschule**.

Beleuchtungsbereich	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Präsenzkontrolle	Tageslichtkontrolle	Anschlussleistung [kW/m <sup>2</sup> ]	Endenergie [kWh/a]
Klassenräume Süd EG	250,29	nein	nein	7,88	1.132,5
Klassenräume Süd 1.OG	250,29	nein	nein	7,88	1.132,5
Flur Nord 1.OG	87,03	nein	nein	4,95	293,5
Flur Nord EG	87,03	nein	nein	4,95	293,5
Flur Nord 1.OG Bereich Treppenhaus	32,63	nein	nein	3,78	82,4
Archiv 1.OG Süd	22,74	nein	nein	6,63	131,7
Treppenhaus 1.OG Südseite	25,26	nein	nein	3,14	56,4
Raum bei Treppenhaus 1.OG Südseite	27,72	nein	nein	8,89	176,6
Klassenräume 1.OG Ostseite	166,85	nein	nein	7,38	756,6
Kochen 1.OG Ostseite	62,89	nein	nein	26,38	1.021,5
Flurbereich 1.OG West	50,73	nein	nein	4,86	203,0
Lehrmittel 1.OG West	17,11	nein	nein	4,41	47,2
Klassenräume EG Ost Erweiterung	198,87	nein	nein	18,96	2.083,4
Flurbereiche EG West Erweiterung	75,80	nein	nein	4,97	252,1
Treppenhaus EG Erweiterung	64,00	nein	nein	14,37	688,0
Treppenhaus UG Erweiterung	64,00	nein	nein	14,37	688,0
Klassenräume UG Ost Erweiterung	198,87	nein	nein	18,96	2.083,4
Flurbereiche UG West Erweiterung	75,80	nein	nein	4,97	252,1
Räume EG Ost	170,71	nein	nein	15,46	1.389,7
Räume EG West	45,50	nein	nein	11,10	307,3
Lehrmittel EG Süd	22,74	nein	nein	6,63	131,7
Eingangshalle EG	80,32	nein	nein	8,64	495,0
Räume UG Ost	117,00	nein	nein	8,42	676,4
WC UG Ost	78,00	nein	nein	8,79	756,1
Pausenhalle UG	103,50	nein	nein	5,95	481,4
Räume UG2 Erweiterung Ost	56,35	nein	nein	21,41	740,7
Räume UG2 Erweiterung West	47,99	nein	nein	12,57	312,9
Chemiesaal UG	87,36	nein	nein	17,26	1.225,2
Restbereiche Kunstlicht	340,61	nein	nein	9,72	3.649,5

Mit der Sanierung im Jahre 2013 wurden in großen Teilen des Gebäudes 1961 moderne Leuchten mit je 4x14 W EVG eingebaut.

In den Restbereichen, v.a.im Bereich des Gebäudes 1965 sind noch stabförmige Leuchten mit VVG eingebaut. Diese sollten ebenfalls gegen Leuchtstoffröhren mit EVG ausgetauscht werden.



Modern renovierte Klassenräume mit EVG Beleuchtung (4x14W), teilweise noch mit Leuchtstoffröhren mit VVG.



Veraltete Klassenräume im Anbau 1965, Leuchtstoffröhren mit VVG

### 1.9.1 Schwachstellen des Gebäudes

Energetische Schwachstellen am Gebäude anhand der Berechnungsergebnisse für den Ist-Zustand sind.:

- die Außenwände mit ihren zahlreichen Wärmebrücken
- die teilweise noch veralteten Fenster

### 1.9.2 Energieträgerverwendung

In dem vorliegenden Gebäude werden folgende Energieträger verwendet: Diese Energieträger werden wie folgt genutzt:

### Energieträger: Erdgas\_H

Endenergiebedarf	Heizwert [kWh]	bzgl. Fläche [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Brennwert [kWh]	bzgl. Fläche [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
für Raumwärmeerzeugung	421.860	145,1	468.264	161,0
für Trinkwassererwärmung	0	0,0	0	0,0
für Luftaufbereitung	0	0,0	0	0,0
für Kälteerzeugung	0	0,0	0	0,0
für Dampferzeugung	0	0,0	0	0,0
für Beleuchtung	0	0,0	0	0,0
für Hilfsgeräte	0	0,0	0	0,0
<b>Endenergie gesamt</b>	<b>421.860</b>	<b>145,1</b>	<b>468.264</b>	<b>161,0</b>
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>464.046</b>	<b>159,6</b>		

### Energieträger: Strom

Endenergiebedarf	Heizwert [kWh]	bzgl. Fläche [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Brennwert [kWh]	bzgl. Fläche [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
für Raumwärmeerzeugung	1.988	0,7	1.988	0,7
für Trinkwassererwärmung	0	0,0	0	0,0
für Luftaufbereitung	0	0,0	0	0,0
für Kälteerzeugung	0	0,0	0	0,0
für Dampferzeugung	0	0,0	0	0,0
für Beleuchtung	21.541	7,4	21.541	7,4
für Hilfsgeräte	0	0,0	0	0,0
<b>Endenergie gesamt</b>	<b>23.529</b>	<b>8,1</b>	<b>23.529</b>	<b>8,1</b>
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>61.174</b>	<b>21,0</b>		

### 1.9.3 Energieverbrauch der letzten Jahre

Die Energieverbräuche der letzten Jahre gehen aus den Verbrauchsabrechnungen hervor.

Da die Verbrauchsabrechnungen nur gemeinsam für die Heidensteilschule, Schwimmhalle, Mehrzweckhalle und Bühnenanbau erfasst wurden, kann eine genaue Ermittlung des Verbrauchs der rein schulisch genutzten Gebäude nicht angegeben werden, daher wurde der Stadtverwaltung Idar-Oberstein schon 2013 der Einbau von Wärmemengenzählern empfohlen.

Der Gesamtverbrauch der Jahre 2009-2011 betrug im Mittel ca. 107.644 Liter Heizöl, der Spitzenwert im Jahre 2010 beträgt 118.389 Liter Heizöl.

Im Jahre 2013 wurde der Energieträger bei Erneuerung der Heizanlage von Heizöl auf Gas umgestellt und Wärmemengenzähler für die einzelnen Heizkreise eingebaut. Dies gewährleistet in den kommenden Jahren eine exaktere Aufteilung der Energieverbräuche in der gesamten Liegenschaft.

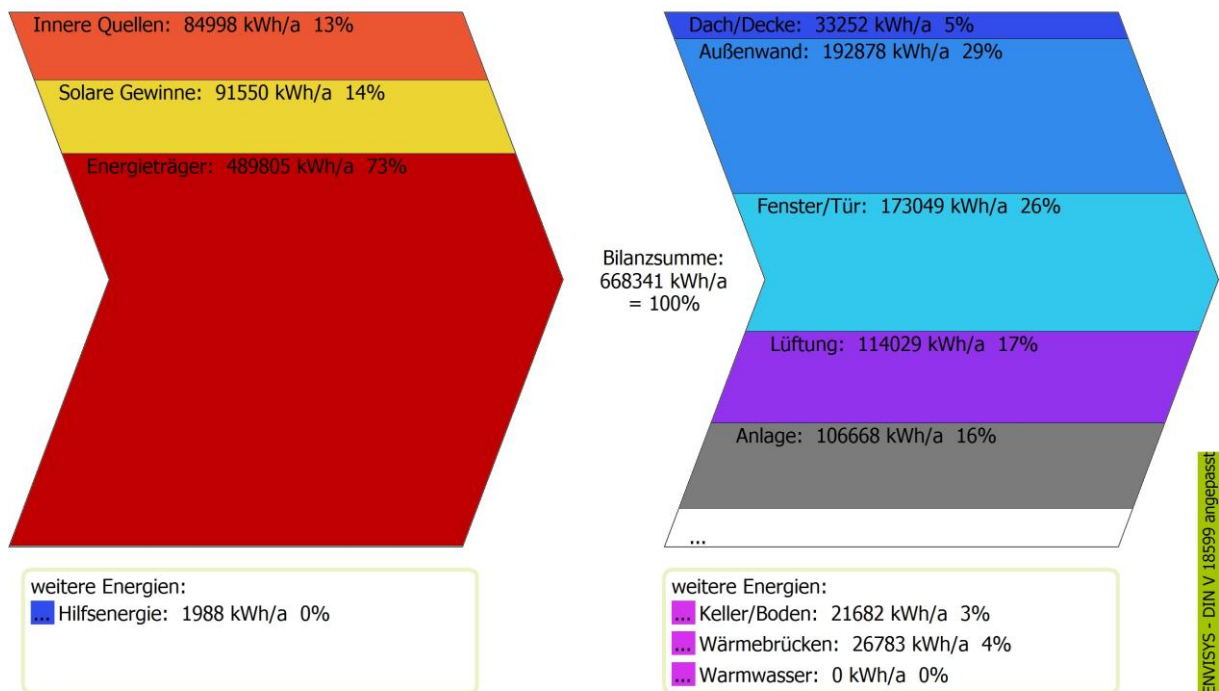
Der Gesamtverbrauch Strom der Jahre 2009-2011 betrug im Mittel ca. 115.426 kWh, der Spitzenwert im Jahre 2011 beträgt 120.017 kWh.

Der Stromeinsatz in den Schulgebäuden dient überwiegend der Beleuchtung, der EDV und Warmwasserbereitung.

### 1.9.4 Energiebilanz im Gebäude

Die Energiebilanz eines Gebäudes ergibt sich aus den Energiezu- und Energieabflüssen. Die **Energiezuflüsse** werden durch die inneren Quellen (Abwärme durch Personen und Geräte), die solaren Gewinne (Solarstrahlung durch Fenster) und Umweltgewinne (Erdwärme, selbst erzeugter Strom etc.) sowie die Zuführung in Form von Energieträgern (Strom, Erdgas etc.) in das Gebäude gekennzeichnet. Die **Energieabflüsse** werden durch die Transmissionen durch die Gebäudehülle, Lüftungsverluste, Bereitstellung von Trinkwarmwasser, Anlagenverluste (Heizung, RLT, Kälte) und die Beleuchtung gekennzeichnet.

Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energiezu- und Energieabflüsse im Ist-Zustand des betrachteten Objektes:



Energiezufluss	[kWh/a]	%	Energieabfluss	[kWh/a]	%
Innere Quellen	84.998	12,7	Dach	33.252	5,0
Solare- und Umweltgewinne	91.550	13,7	Außenwände	192.878	28,9
Heizenergie (Brennwert) und Strom	489.805	73,3	Fenster	173.049	25,9
			Keller	21.682	3,2
			Wärmebrücken	26.783	4,0
			<b>Transmissionen</b>	<b>447.644</b>	<b>67,0</b>
			Lüftung	114.029	17,1
			Trinkwarmwasser	0	0,0
			Anlage	106.668	16,0
			Beleuchtung	21.541	3,2
<b>Summe</b>	<b>668.341</b>	<b>100,0</b>	<b>Summe</b>	<b>668.341</b>	<b>100,0</b>

Hinweis: Sollte es zu Abweichungen in den Energieflüssen kommen, so liegt das in dem für die DIN V 18599 begründeten Berechnungsverfahren, bei dem Verluste teilweise Gewerke übergreifend zugeordnet werden.



## 2 Der Weg zum Ziel

### 2.1 Allgemeine Erläuterungen

Die Analyse des Gebäudes zeigt ein erhebliches Einsparpotenzial für den Energiebedarf. Eine Sanierung kann wesentlich zur Verbesserung des Gebäudestandards (energetisch, marktspezifisch) und Verringerung des Energieverbrauchs beitragen. Die Berechnung des Energiebedarfs nach Sanierung erfolgt mit angepassten Randbedingungen. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurde von einer Energiepreissteigerung von 4,00 % ausgegangen. Näheres finden Sie dazu im Abschnitt Wirtschaftlichkeit der Maßnahmenvorschläge.

Es kann zwischen Sofortmaßnahmen, kurzfristigen Maßnahmen und investiven Maßnahmen unterschieden werden. Wir haben speziell auf das Gebäude zugeschnittene Energiespartipps hinzugefügt.

### 2.2 Hinweise zur Sanierung

### 2.3 Beschreibung der Maßnahmen

Nachfolgend werden die untersuchten Maßnahmen erläutert:

#### 2.3.1 Außendämmung, Wärmedämmverbundsystem

##### Beschreibung

Die erste Schicht eines Verbundsystems bildet der Wärmedämmstoff. Er wird auf dem Außenmauerwerk oder auf den Außenputz, dessen Zustand und Tragfähigkeit überprüft werden muss, verklebt und ggf. mit Dübeln zusätzlich verankert. Darüber wird ein Armierungsputz aufgezogen und Glasfasergebe eingelegt. Als Endbeschichtung wird Fassadenputz aufgebracht. Der Dämmstoff kann aus Hartschaum, Holzweichfaserplatten oder Mineralfaserplatten bestehen. Er muss den Anforderungen der Wärmeleitfähigkeit, Verhalten gegen Feuchtigkeit, Druck- und Zugfestigkeit sowie dem Brandverhalten genügen.

Ausführungshinweise und Bauphysik: Es sollten nur zugelassene WDV-Systeme mit aufeinander abgestimmten Materialien zur Anwendung kommen. Eine sorgfältige Ausführung ist unerlässlich und muss von Fachbetrieben vorgenommen werden.

Die Dämmung ist auch in die Laibungen der Fenster und Außentüren "hineinzuziehen" und zur Reduzierung der Wärmebrücke Sockel mind. 50 cm nach unten über Bodenplatte/EG Boden zu verlängern. Als unterer Abschluss sollten keine Metallprofile verwendet werden, da diese erhebliche lineare Wärmebrücken bilden. Unabhängig vom Dämmmaterial werden die Innen-Oberflächentemperaturen der gedämmten Bauteile angehoben. Die Behaglichkeit wird dadurch verbessert, Kondensatniederschlag und die Bildung von Schimmelpilzen auf den wärmebrückenfrei gedämmten Bauteilen nahezu ausgeschlossen.

An der Giebelseite West am Übergang zum Zwischengebäude wurde eine Dämmung unter den Verkleidungsplatten gesichtet, die Giebelseite West wurde daher nicht in die Maßnahme Wärmedämmverbundsystem mit einbezogen, hier sollte zuerst durch örtliches Öffnen der Verkleidung die Qualität der vorhandenen Dämmung beurteilt werden, bevor eine neue Dämm-Maßnahme geplant wird.

Kostenschätzung mit 120 €/ m<sup>2</sup>, ist seitens der Stadtverwaltung Idar-Oberstein durch Einholung von Angeboten genauer zu ermitteln.

Die Kosten dieser Maßnahme werden auf ca. **151.716 €** veranschlagt. Es wird von einer Mindestnutzungsdauer von **40 Jahren** ausgegangen.

Diese Maßnahme wird in der/den folgende/n Variante/n verwendet: 2= Wärmedämmverbundsystem, 3= Gesamtpaket aus 1 und 2

## Eigenschaften der Maßnahme

<i>Daten der Dämmung</i>				
Materialdicke			16,00	cm
Wärmeleitfähigkeit des Materials			0,035	W/mK
Wärme übertragende Fläche			1.264,30	m <sup>2</sup>
Nutzungsdauer			40	Jahre
<i>angewendet auf folgende Bauteile:</i>	<i>Fläche<sup>1)</sup></i>	<i>Kosten</i>	<i>U-Wert alt / neu</i>	
Außenwände West 1965	151,34 m <sup>2</sup>	18.160,80 €	1,40 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K	
Kellerwände Ost 1965	84,00 m <sup>2</sup>	10.080,00 €	3,52 / 0,21 W/m <sup>2</sup> K	
Außenwände Ost Treppenhaus	30,21 m <sup>2</sup>	3.625,20 €	3,20 / 0,20 W/m <sup>2</sup> K	
Außenwände West Treppenhaus	8,76 m <sup>2</sup>	1.051,20 €	3,20 / 0,20 W/m <sup>2</sup> K	
Außenwände Ost 1965	44,60 m <sup>2</sup>	5.352,00 €	2,37 / 0,20 W/m <sup>2</sup> K	
Außenwände Nord 1961	324,70 m <sup>2</sup>	38.964,00 €	1,40 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K	
Außenwände Süd 1961	228,00 m <sup>2</sup>	27.360,00 €	1,40 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K	
Außenwände Ost 1961	216,00 m <sup>2</sup>	25.920,00 €	1,40 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K	
Außenwände Süd 1965	105,23 m <sup>2</sup>	12.627,60 €	1,40 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K	
Heizkörpernischen West 1965	22,86 m <sup>2</sup>	2.743,20 €	1,48 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K	
Heizkörpernischen Ost 1965	48,60 m <sup>2</sup>	5.832,00 €	1,48 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K	
<b>Summe</b>	<b>1.264,30 m<sup>2</sup></b>	<b>151.715,98 €</b>	<b>entspricht 120,00 €/m<sup>2</sup></b>	

<sup>1)</sup> hierbei handelt es sich um die Investitionsfläche, diese kann von der Wärme übertragenden Fläche abweichen

### 2.3.2 Fensteraustausch, Wärmeschutzverglasung

#### Beschreibung

Die vorhandenen Fenster haben ein hohes Alter und weisen Undichtigkeiten auf. Sie sollten durch neue Fenster mit hoher Qualität ersetzt werden. Laut EnEV 2009 wird hier ein Wärmedurchgangskoeffizient < 1,3 W/(m<sup>2</sup>K) gefordert (siehe EnEV 2009, Anlage 3, Tabelle 1).

Bei Ausführung einer Fassadenaußendämmung sollten die Blendrahmen möglichst überdämmt werden und in der Dämmebene montiert sein. Ebenso muss auf Luftdichtigkeit der Rahmenanschlüsse zur Außenwand geachtet werden.

Ohne Verbesserung des Außenwand-Wärmedämmstandards besteht die Gefahr des Kondensatniederschlags an den Innenflächen der Außenwand und unter Umständen (z.B. ungünstige Lüftungsbedingungen) Schimmelbildung und Bauschäden.

Über dem Fenster eingebaute Rollladenkästen gelten, falls vorhanden, als Schwachstellen, wenn sie nicht wärmegeämmt sind.

Beim Austausch der Fenster ist Lüftungskonzept durch einen Sachkundigen für das Gebäude zu erstellen.

Kostenschätzung mit 550 €/ m<sup>2</sup>, ist seitens der Stadtverwaltung Idar-Oberstein durch Einholung von Angeboten genauer zu ermitteln.

Die Kosten dieser Maßnahme werden auf ca. **357.764 €** veranschlagt. Es wird von einer Mindestnutzungsdauer von **25 Jahren** ausgegangen.

Diese Maßnahme wird in der/den folgende/n Variante/n verwendet: 1= Fensteraustausch teilweise, 3= Gesamtpaket aus 1 und 2

## Eigenschaften der Maßnahme

<i>Daten der Fenster</i>					
Fenster-Uw-Wert				1,30	W/m <sup>2</sup> K
g-Wert (Strahlungsdurchlässigkeit)				0,70	
Nutzungsdauer				25	Jahre
<i>angewendet auf folgende Bauteile:</i>		<i>Fläche</i>	<i>Kosten</i>	<i>U-Wert alt / neu<sup>1)</sup></i>	
Fenster Ost 91		154,17 m <sup>2</sup>	84.793,50€	3,00 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
Fenster West 91		96,82 m <sup>2</sup>	53.251,00€	3,00 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
Fenster West einfach		11,88 m <sup>2</sup>	6.534,00€	5,00 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
Alufenster Süd		199,29 m <sup>2</sup>	109.609,48€	3,20 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
Fenster Nord 91		21,34 m <sup>2</sup>	11.737,00€	3,00 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
Fenster Ost 88		166,98 m <sup>2</sup>	91.839,00€	3,00 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
<b>Summe</b>		<b>650,48 m<sup>2</sup></b>	<b>357.764,00 €</b>	<b>entspricht 550,00 €/m<sup>2</sup></b>	

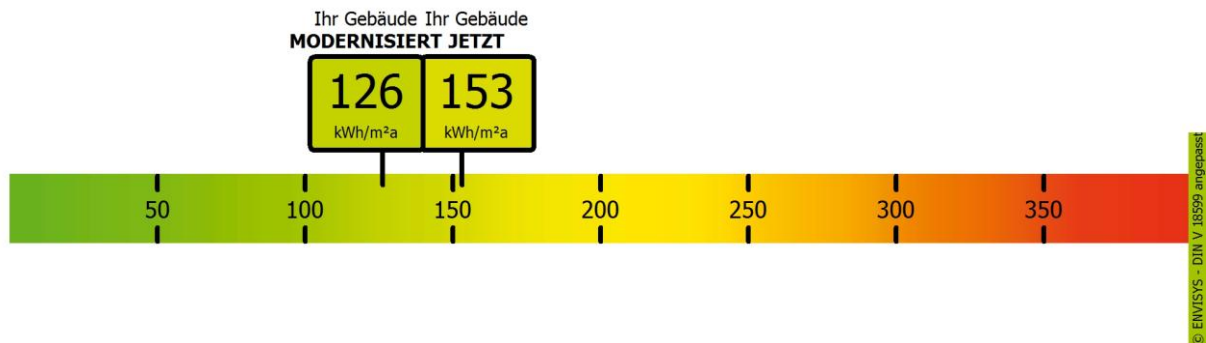
<sup>1)</sup> hierbei handelt es sich um den Uw-Wert (Gesamtkonstruktion)

## 2.4 Variante: 1= Fensteraustausch teilweise

### 2.4.1 Die wichtigsten Kenngrößen der Variante

	Ist-Zustand	Variante	Einheit	Einsparung
<i>energetisch</i>				
Primärenergiebedarf	525.220	438.743	[kWh/a]	16,5 %
Primärenergiebedarf / m <sup>2</sup>	180,6	150,9	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Endenergiebedarf	445.388	<b>367.112</b>	[kWh/a]	17,6 %
Endenergiebedarf / m <sup>2</sup>	153,2	<b>126,2</b>	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Heizlast	241,4	<b>205,1</b>	[kW]	
Jahresnutzungsgrad	0,740	<b>0,724</b>		
<i>wirtschaftlich</i>				
Energiekosten	36.686	<b>30.639</b>	[€/a]	16,5 %
Energiekosten / Monat	3.057	<b>2.553</b>	[€/Monat]	
Energiekosten /m <sup>2</sup>	12,62	<b>10,54</b>	[€/m <sup>2</sup> a]	
Gesamtinvestition		<b>357.764</b>	[€]	
_Sowieso-Kosten		<b>180.000</b>	[€]	
_Förderung		<b>0</b>	[€]	
Investition		<b>177.764</b>	[€]	
Investition /m <sup>2</sup>		<b>123,0</b>	[€/m <sup>2</sup> ]	
Amortisation		<b>29</b>	[Jahre]	
mittlere Rendite		<b>0,00</b>	[%]	
Kapitalwert		<b>-22.915</b>	[€]	
<i>Emissionen</i>				
CO <sub>2</sub> -Emissionen	40,5	<b>33,9</b>	[kg/m <sup>2</sup> a]	16,3 %
SO <sub>2</sub> -Emissionen	5,5	<b>5,2</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	5,7 %
Nox-Emissionen	27,3	<b>22,9</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	15,9 %
Staub	1,1	<b>1,0</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	12,3 %

Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energieverbrauchskennzahl vor und nach Durchführung der Maßnahme(n):



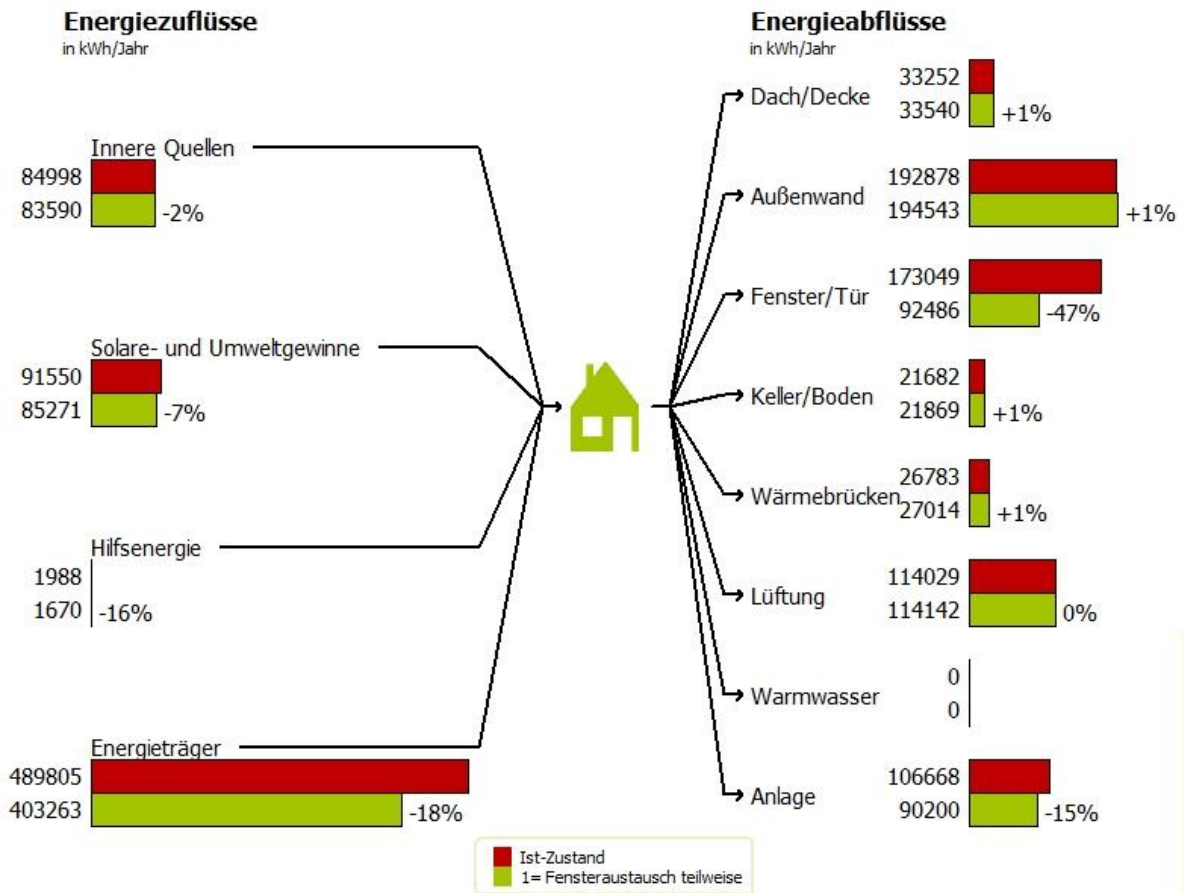
Hinweis: Bei dieser Grafik handelt es sich um die Berechnung mit angepassten Randbedingungen. Eine Abweichung der Ergebnisse zur Berechnung nach EnEV mit normierten Randbedingungen (Energieausweis) ist dadurch gegeben.

**Die Maßnahme amortisiert sich selbst unter Ansatz von 180.000 € Sowieso-Kosten (50%, müsste noch genau ermittelt werden) und ohne Berücksichtigung von Fördermitteln erst in 29 Jahren und baut einen negativen Kapitalwert von -22.915 € auf, ist also unwirtschaftlich!**

**Allerdings überwiegen bei dieser Maßnahme sicherlich Behaglichkeits- und Gebrauchstauglichkeitsgründe.**



Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energiezu- und Energieabflüsse im Gebäude im Vergleich vor und nach Durchführung der Maßnahme(n):



#### 2.4.2 Maßnahmen der Variante: 1= Fensteraustausch teilweise

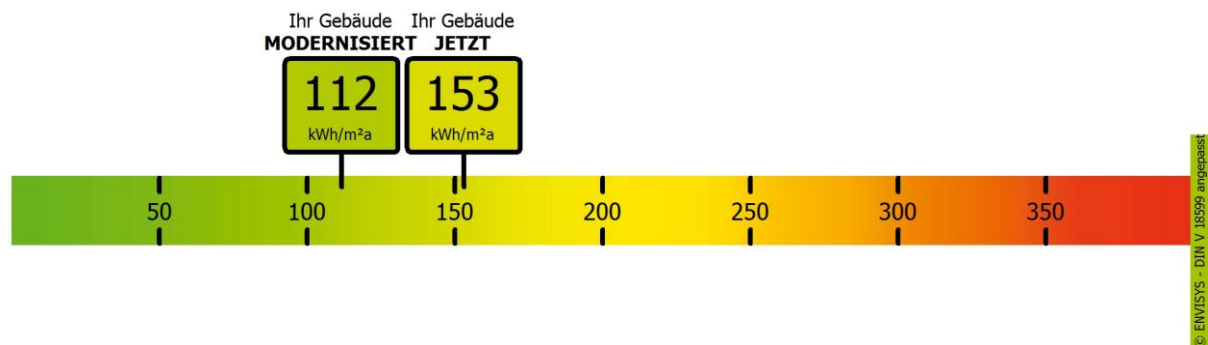
Maßnahme	Kosten je Einheit	Kosten gesamt
Fensteraustausch, Wärmeschutzverglasung	550,00 €/m <sup>2</sup>	357.764 €
<b>Summe der Kosten:</b>		<b>357.764 €</b>

## 2.5 Variante: 2= Wärmedämmverbundsystem

### 2.5.1 Die wichtigsten Kenngrößen der Variante

	Ist-Zustand	Variante	Einheit	Einsparung
<i>energetisch</i>				
Primärenergiebedarf	525.220	391.636	[kWh/a]	25,4 %
Primärenergiebedarf / m <sup>2</sup>	180,6	134,7	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Endenergiebedarf	445.388	<b>324.619</b>	[kWh/a]	27,1 %
Endenergiebedarf / m <sup>2</sup>	153,2	<b>111,6</b>	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Heizlast	241,4	<b>186,6</b>	[kW]	
Jahresnutzungsgrad	0,740	<b>0,714</b>		
<i>wirtschaftlich</i>				
Energiekosten	36.686	<b>27.345</b>	[€/a]	25,5 %
Energiekosten / Monat	3.057	<b>2.279</b>	[€/Monat]	
Energiekosten /m <sup>2</sup>	12,62	<b>9,40</b>	[€/m <sup>2</sup> a]	
Gesamtinvestition		<b>151.716</b>	[€]	
_Sowieso-Kosten		<b>0</b>	[€]	
_Förderung		<b>0</b>	[€]	
Investition		<b>151.716</b>	[€]	
Investition /m <sup>2</sup>		<b>52,2</b>	[€/m <sup>2</sup> ]	
Amortisation		<b>17</b>	[Jahre]	
mittlere Rendite		<b>2,43</b>	[%]	
Kapitalwert		<b>245.458</b>	[€]	
<i>Emissionen</i>				
CO <sub>2</sub> -Emissionen	40,5	<b>30,3</b>	[kg/m <sup>2</sup> a]	25,2 %
SO <sub>2</sub> -Emissionen	5,5	<b>5,0</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	9,1 %
Nox-Emissionen	27,3	<b>20,6</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	24,6 %
Staub	1,1	<b>0,9</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	19,0 %

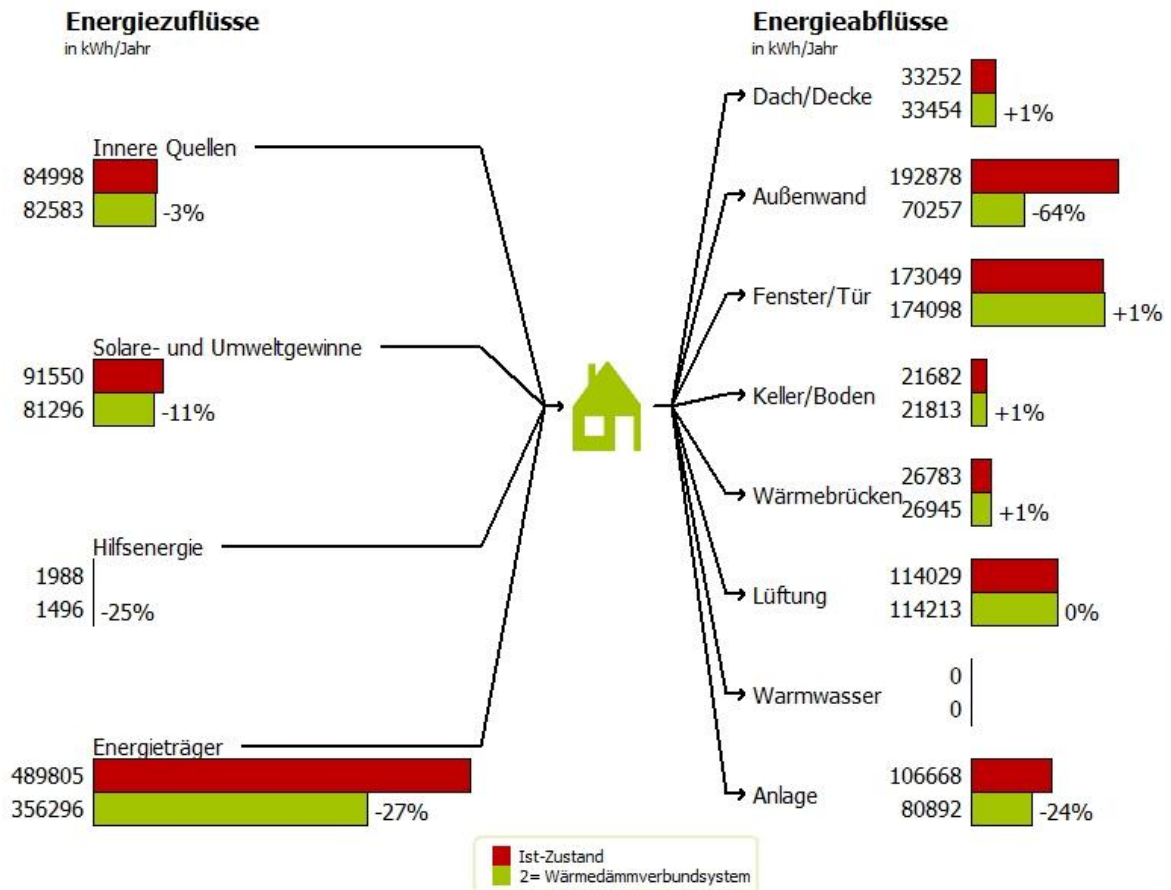
Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energieverbrauchskennzahl vor und nach Durchführung der Maßnahme(n):



Hinweis: Bei dieser Grafik handelt es sich um die Berechnung mit angepassten Randbedingungen. Eine Abweichung der Ergebnisse zur Berechnung nach EnEV mit normierten Randbedingungen (Energieausweis) ist dadurch gegeben.

**Diese Maßnahme erweist sich auch ohne den Ansatz von Sowieso-Kosten und Fördermitteln als wirtschaftliche Maßnahme, amortisiert sich nach 17 Jahren und baut einen Kapitalwert von 245.458 € auf. Die Maßnahme wird empfohlen.**

Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energiezu- und Energieabflüsse im Gebäude im Vergleich vor und nach Durchführung der Maßnahme(n):



### 2.5.2 Maßnahmen der Variante: 2= Wärmedämmverbundsystem

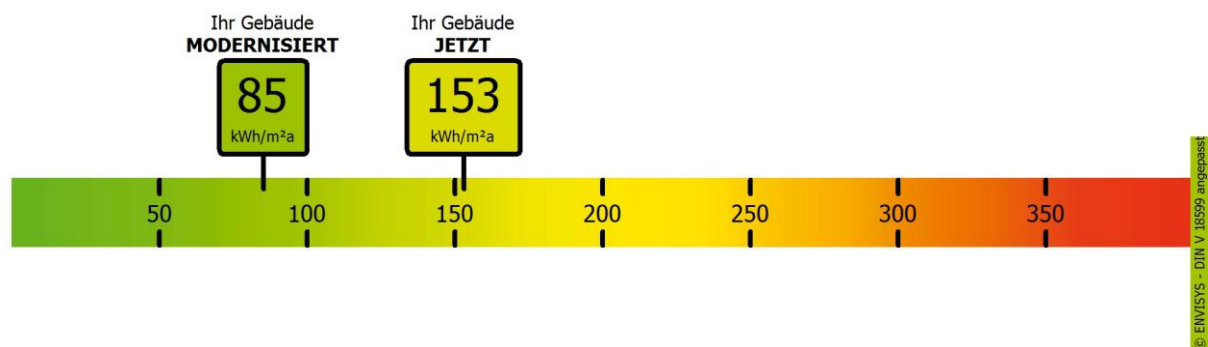
Maßnahme	Kosten je Einheit	Kosten gesamt
Außendämmung, Wärmedämmverbundsystem	120,00 €/m <sup>2</sup>	151.716 €
<b>Summe der Kosten:</b>		<b>151.716 €</b>

## 2.6 Variante: 3= Gesamtpaket aus 1 und 2

### 2.6.1 Die wichtigsten Kenngrößen der Variante

	Ist-Zustand	Variante	Einheit	Einsparung
<i>energetisch</i>				
Primärenergiebedarf	525.220	306.647	[kWh/a]	41,6 %
Primärenergiebedarf / m <sup>2</sup>	180,6	105,4	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Endenergiebedarf	445.388	<b>247.720</b>	[kWh/a]	44,4 %
Endenergiebedarf / m <sup>2</sup>	153,2	<b>85,2</b>	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Heizlast	241,4	<b>150,3</b>	[kW]	
Jahresnutzungsgrad	0,740	<b>0,686</b>		
<i>wirtschaftlich</i>				
Energiekosten	36.686	<b>21.402</b>	[€/a]	41,7 %
Energiekosten / Monat	3.057	<b>1.784</b>	[€/Monat]	
Energiekosten /m <sup>2</sup>	12,62	<b>7,36</b>	[€/m <sup>2</sup> a]	
Gesamtinvestition		<b>509.480</b>	[€]	
_Sowieso-Kosten		<b>180.000</b>	[€]	
_Förderung		<b>0</b>	[€]	
Investition		<b>329.480</b>	[€]	
Investition /m <sup>2</sup>		<b>175,2</b>	[€/m <sup>2</sup> ]	
Amortisation		<b>22</b>	[Jahre]	
mittlere Rendite		<b>1,15</b>	[%]	
Kapitalwert		<b>129.015</b>	[€]	
<i>Emissionen</i>				
CO <sub>2</sub> -Emissionen	40,5	<b>23,8</b>	[kg/m <sup>2</sup> a]	41,2 %
SO <sub>2</sub> -Emissionen	5,5	<b>4,7</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	14,7 %
Nox-Emissionen	27,3	<b>16,3</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	40,2 %
Staub	1,1	<b>0,8</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	31,1 %

Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energieverbrauchskennzahl vor und nach Durchführung der Maßnahme(n):



Hinweis: Bei dieser Grafik handelt es sich um die Berechnung mit angepassten Randbedingungen. Eine Abweichung der Ergebnisse zur Berechnung nach EnEV mit normierten Randbedingungen (Energieausweis) ist dadurch gegeben.

**Die Maßnahme amortisiert sich unter Ansatz von 180.000 € Sowieso-Kosten für Fenster (50%, müsste noch genau ermittelt werden) und ohne Berücksichtigung von Fördermitteln in 22 Jahren und baut einen Kapitalwert von 129.015 € auf, ist also wirtschaftlich!**

**Ohne Ansatz von Sowieso-Kosten für Fenster wird die Gesamtmaßnahme wirtschaftlich grenzwertig.**

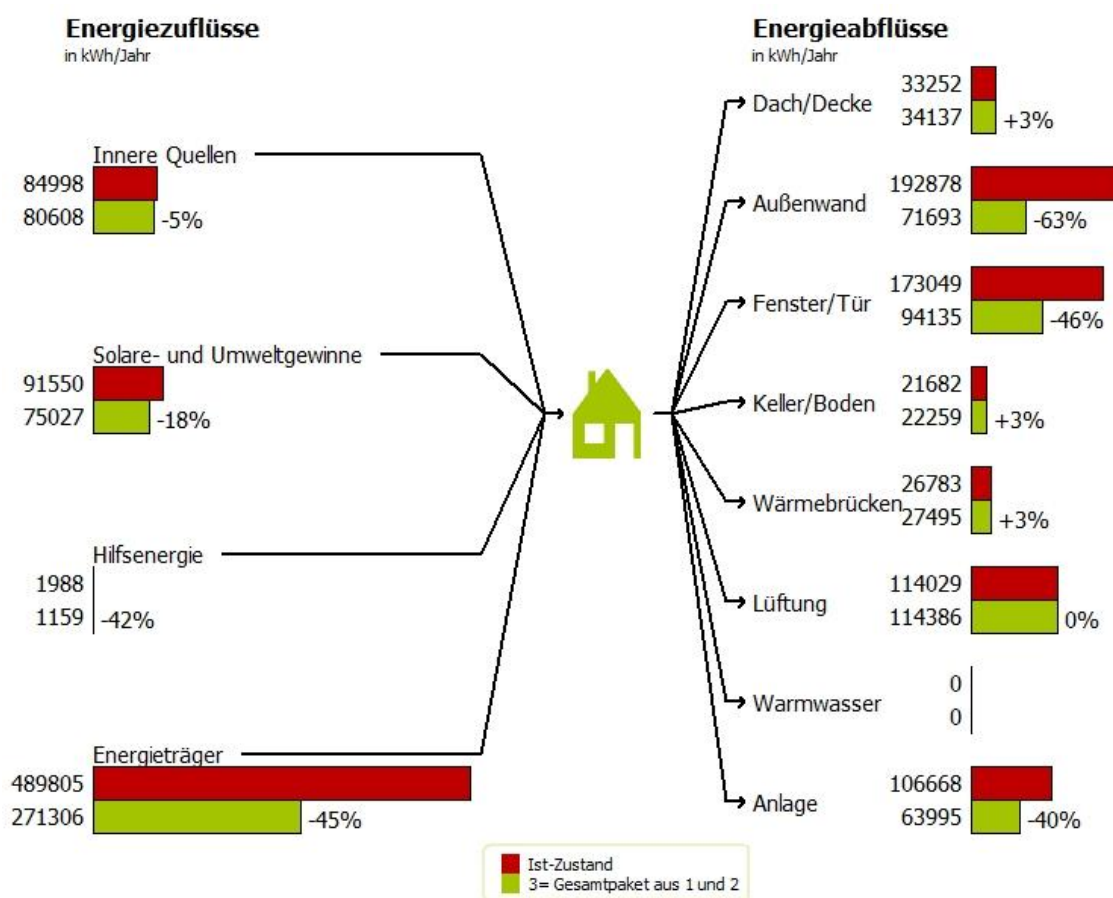


Allerdings überwiegen bei dieser Maßnahme sicherlich Behaglichkeits- und Gebrauchstauglichkeitsgründe.

Zu beachten ist die CO<sub>2</sub>-Reduktion von 41,2% bei dieser Gesamtmaßnahme.

Eine weitere CO<sub>2</sub>-Reduktion durch einen anderen Energieträger, wie z.B. Holz-Pellets kann derzeit ausgeschlossen werden, da die Heizanlage 2013 erst durch Gasbrennwerttechnik ersetzt wurde.

Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energiezu- und Energieabflüsse im Gebäude im Vergleich vor und nach Durchführung der Maßnahme(n):



© ENVISYS - DIN V 18599 angepasst

### 2.6.2 Maßnahmen der Variante: 3= Gesamtpaket aus 1 und 2

Maßnahme	Kosten je Einheit	Kosten gesamt
Außendämmung, Wärmedämmverbundsystem	120,00 €/m <sup>2</sup>	151.716 €
Fensteraustausch, Wärmeschutzverglasung	550,00 €/m <sup>2</sup>	357.764 €
<b>Summe der Kosten:</b>		<b>509.480 €</b>

## 2.7 Wirtschaftlichkeit der Energiesparvarianten

Wesentliches Kriterium zur Beurteilung eines Maßnahmenpaketes - hier auch Variante genannt - ist die Wirtschaftlichkeit. Selbstverständlich ist sie nicht das einzige Kriterium für eine Empfehlung. Zunächst müssen alle anderen Notwendigkeiten aus fachlicher Sicht (z.B. die Beseitigung bestehender bauphysikalischer Schwachstellen) erfüllt sein, bevor ein Maßnahmenbündel von aufeinander abgestimmten Einzelmaßnahmen geschnürt wird. So entstehen ein oder mehrere Varianten, die für sich genommen "funktionieren" und dann unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten überprüft werden können. Meist handelt es sich zum einen um kostengünstig und schnell zu realisierende bzw. organisatorische Sofortmaßnahmen und zum anderen um investive Maßnahme, die einen größeren Planungs- und Finanzierungsumfang haben. Die wirtschaftlichste Variante sollte schließlich umgesetzt werden, es sei denn, andere Ziele stehen im Vordergrund (Komfort, Raumklima, Ästhetik, soziales Umfeld, Image).

Wirtschaftlichkeit heißt hier nicht unbedingt "kürzeste Amortisationszeit". Dies ist sicher ein Gesichtspunkt, andere sind z.B.

- die Nachhaltigkeit
- die Wertsteigerung und Werterhaltung
- der maximale Fördergeldeinsatz
- der Finanzierungsbedarf
- die Liquiditätserhaltung
- ein hoher Kapitalwert
- eine kurze Amortisationszeit
- ein großer steuerlicher Hebel

Einige Kriterien können hier nicht Gegenstand sein. So ist es nicht die Aufgabe eines Beratungsberichts, die steuerliche Gestaltung, Höhe der Kreditaufnahme etc. zu empfehlen. Die Prüfung unter den o.g. Kriterien vor dem Hintergrund der am Anfang des Berichts formulierten Ziele obliegt also dem Auftraggeber dieses Berichts. Hier werden die dazu notwendigen wirtschaftlichen Kenndaten der einzelnen Varianten genannt.

Die quantifizierbaren Kennwerte zur Wirtschaftlichkeit einer Variante sind in diesem Bericht im Wesentlichen die Höhe der Investition, ggf. ein Fördergeldeinsatz, die Amortisationszeit und der Kapitalwert. Die Belastbarkeit insbesondere der letzten beiden Kennwerte ist abhängig von der Wahl der Randbedingungen (Energiepreissteigerung, Inflationsrate, Kalkulatorischer Zinssatz). Wir treffen hier konservative/vorsichtige Annahmen. Insbesondere die zu erwartende stärkere Energieverteilung sollte alle Maßnahmen tatsächlich rentabler machen als hier dargestellt. Die Kennwerte und die Randbedingungen werden im Folgenden für jede Variante genannt.

Die **Amortisation** beziffert die Zeit, in der das eingesetzte Investitionskapital durch die erzielten Einsparungen wieder zurückgeflossen ist. Diese Zeit sagt nichts aus über das Maß der Einsparung und über den evtl. erzielten Überschuss über die Nutzungsdauer der Maßnahme. Die Amortisation wird nach VDI 2067 iterativ berechnet.

Eine Maßnahme ist wirtschaftlich, wenn die Amortisationszeit der Investitionen kürzer ist, als die Nutzungsdauer der sanierten oder erneuerten Bauteile.

Zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit einzelner Varianten setzen wir die **Kapitalwertmethode** ein, um zu einer vergleichbaren Größe zu kommen. Hierbei wird jede Zahlung (Investition, Unterhaltung) und Einnahme (Einsparung) mit dem Kapitalzins (Sparzins) zurückgezinst auf den Anfangszeitpunkt. Der Kapitalwert ist dabei die Summe aller dieser "Barwerte". Eine Maßnahme ist dann absolut vorteilhaft, wenn der Kapitalwert größer oder gleich Null ist. Die vorteilhafteste Variante ist damit die mit dem größten Kapitalwert.

---

Zur Bestimmung der wirtschaftlichen Amortisation wurden folgende Kriterien angenommen:

	Fördergelder werden berücksich- tigt	
-	Effektiver Zinssatz	3,5 %
-	Teuerungsrate für Energieträger per anno	4,0 %
-	allgemeine Preissteigerung	2,4 %

### 2.7.1 Variante 001: 1= Fensteraustausch teilweise

Nach Durchführung der Maßnahmen dieser Variante ist zu erwarten:

#### Ergebnis der Variante 001:

Gesamtinvestition in das Paket	357.764	€
jährliche Energiekosten	30.639	€/Jahr
jährliche Einsparungen	6.047	€/Jahr
neuer Energieeinsatz:	367.112	kWh
Einsparung:	78.277	kWh, das entspricht 18 %
Nutzungsdauer:	ca. 25	Jahre
Kapitalwert der Maßnahmen	-22.915	€*)
Amortisation	29	Jahre

\*\*)Erläuterungen siehe Wirtschaftlichkeit der Varianten im Abschnitt "Vergleich der Varianten"

### 2.7.2 Variante 002: 2= Wärmedämmverbundsystem

Nach Durchführung der Maßnahmen dieser Variante ist zu erwarten:

#### Ergebnis der Variante 002:

Gesamtinvestition in das Paket	151.716	€
jährliche Energiekosten	27.345	€/Jahr
jährliche Einsparungen	9.341	€/Jahr
neuer Energieeinsatz:	324.619	kWh
Einsparung:	120.769	kWh, das entspricht 27 %
Nutzungsdauer:	ca. 40	Jahre
Kapitalwert der Maßnahmen	245.458	€*)
Amortisation	17	Jahre

\*\*)Erläuterungen siehe Wirtschaftlichkeit der Varianten im Abschnitt "Vergleich der Varianten"

### 2.7.3 Variante 003: 3= Gesamtpaket aus 1 und 2

Nach Durchführung der Maßnahmen dieser Variante ist zu erwarten:

#### Ergebnis der Variante 003:

Gesamtinvestition in das Paket	509.480	€
jährliche Energiekosten	21.402	€/Jahr
jährliche Einsparungen	15.283	€/Jahr
neuer Energieeinsatz:	247.720	kWh
Einsparung:	197.668	kWh, das entspricht 44 %
Nutzungsdauer:	ca. 29	Jahre
Kapitalwert der Maßnahmen	129.015	€*)
Amortisation	22	Jahre

\*\*)Erläuterungen siehe Wirtschaftlichkeit der Varianten im Abschnitt "Vergleich der Varianten"

## 2.8 Vergleich der Varianten

### 2.8.1 Wirtschaftliche Betrachtung der Varianten

Nachfolgend werden die vorgeschlagenen Energieeinsparmaßnahmen (Varianten) untereinander verglichen.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über den Energieträgereinsatz der Varianten:

Variante	Erdgas_H		Strom	
	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]
Ist-Zustand	421.860	32.451	23.529	4.235
1= Fensteraustausch teilweise	343.831	26.449	23.280	4.190
2= Wärmedämmverbundsystem	301.582	23.199	23.037	4.147
3= Gesamtpaket aus 1 und 2	224.951	17.304	22.770	4.099

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investition, die angenommene Förderung, die jährliche Einsparung, die Amortisationszeit und den Kapitalwert jeder Variante.

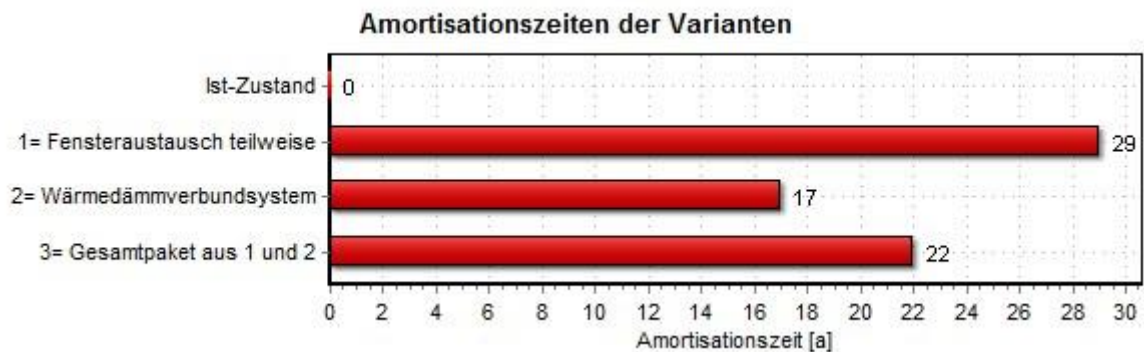
Variante	Gesamt-Investition*)	Netto-Investition**)	Sowieso-Investition	Förderung	jährliche Einsparung	Amortis.-zeit	Kapitalwert
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[Jahre]	[€]
1= Fensteraustausch teilweise	357.764	177.764	180.000	0	6.047	29	-22.915
2= Wärmedämmverbundsystem	151.716	151.716	0	0	9.341	17	245.458
3= Gesamtpaket aus 1 und 2	509.480	329.480	180.000	0	15.283	22	129.015

\*) inkl. ohnehin notwendiger Investitionen

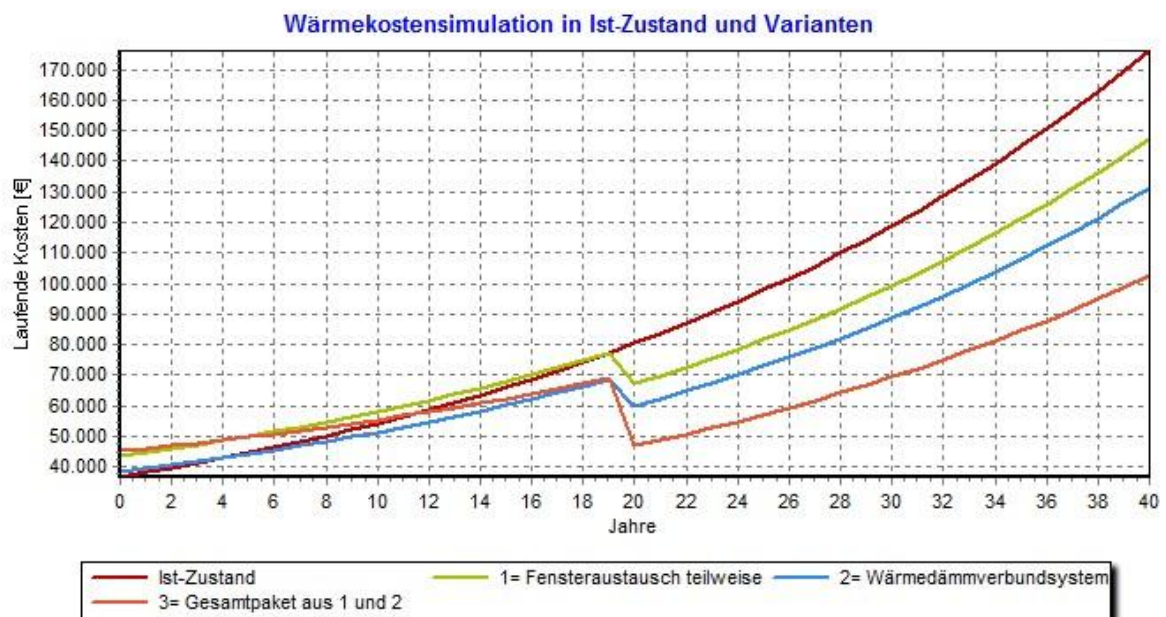
\*\*) abzgl. ohnehin notwendiger Investitionen und abzüglich evtl. Förderung

Hinweis: Ersatzinvestitionen werden nicht berücksichtigt.

Die folgende Grafik zeigt die Amortisationszeiten:



In der folgenden Grafik wird die Entwicklung der Energiekosten der Varianten gezeigt:





Hierbei wurden folgende Entwicklungs-Trends zugrunde gelegt:

Energiepreiserhöhungen	4,0 %
allg. Preissteigerung	2,4 %
Guthaben-Zinssatz	3,5 %
Kredit-Zinssatz	3,5 %

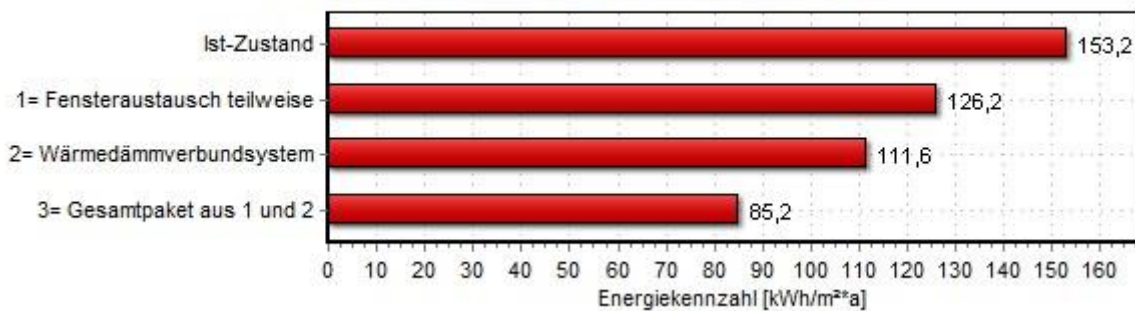
**Annahmen für die Finanzierung der Varianten:**

- Variante 1= Fensteraustausch teilweise: über Kredit mit einer Laufzeit von 20 Jahren
- Variante 2= Wärmedämmverbundsystem: über Kredit mit einer Laufzeit von 20 Jahren
- Variante 3= Gesamtpaket aus 1 und 2: über Kredit mit einer Laufzeit von 20 Jahren

### 2.8.2 Energetische Betrachtung der Varianten

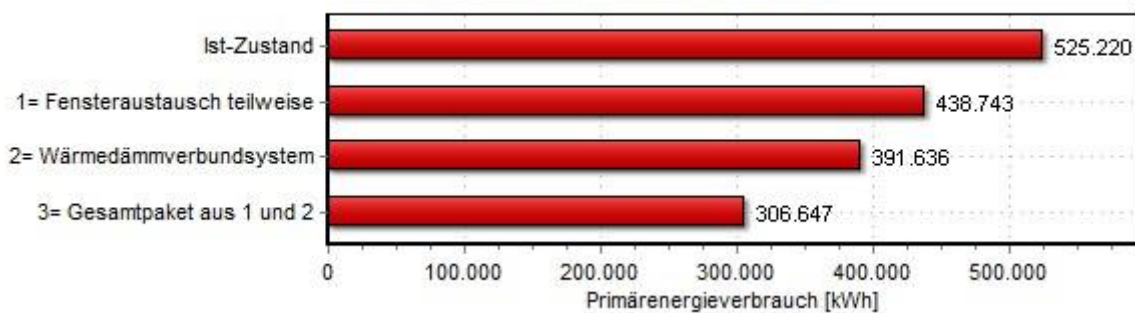
Die energetische Verbesserung wurde anhand der Kennzahl für die Endenergie (Energiekennzahl) beurteilt. Diese kann in den einzelnen Varianten wie folgt verbessert werden.

**Vergleich der Energiekennzahlen der Varianten**

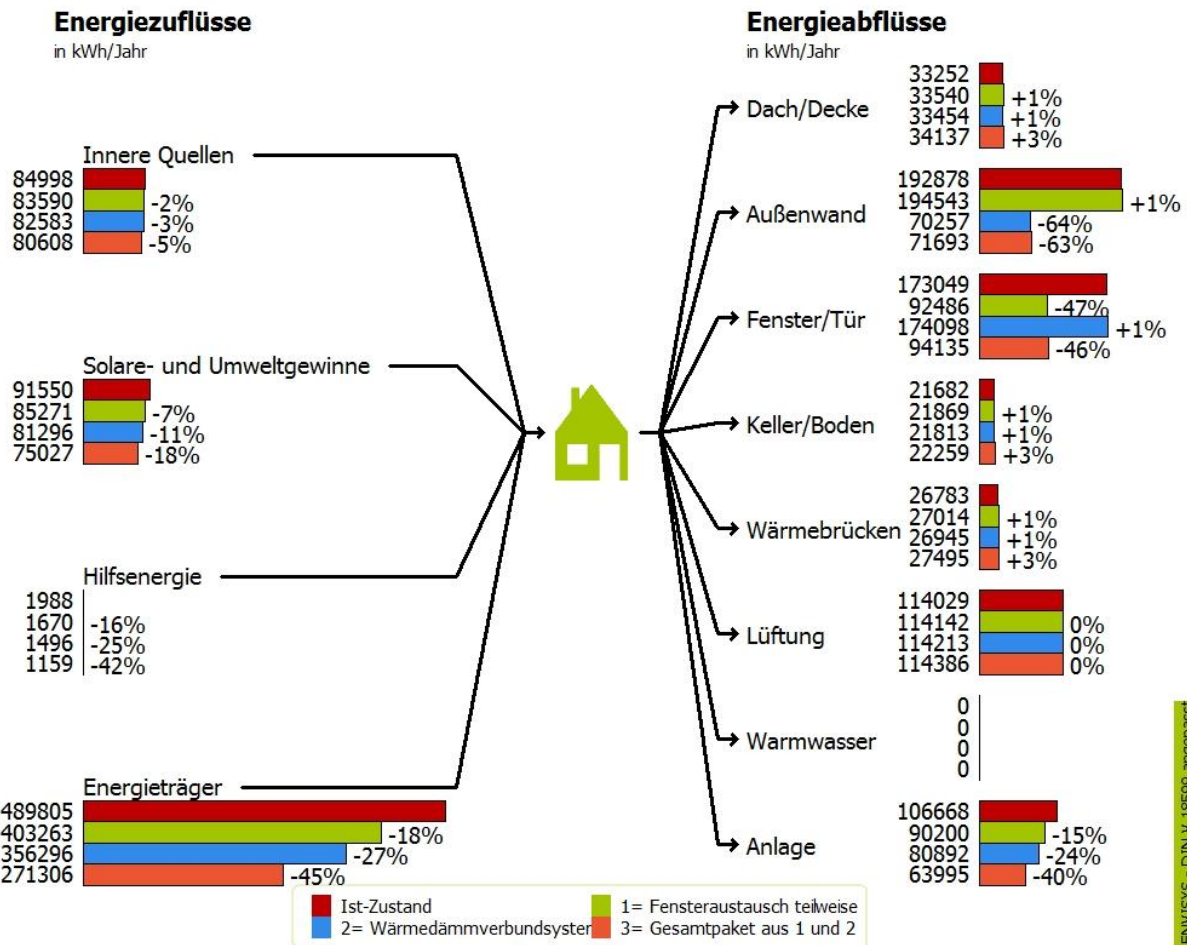


Die folgende Grafik zeigt Ihnen einen Vergleich der Primärenergie-Werte der Varianten:

**Primärenergieverbrauch der Varianten**

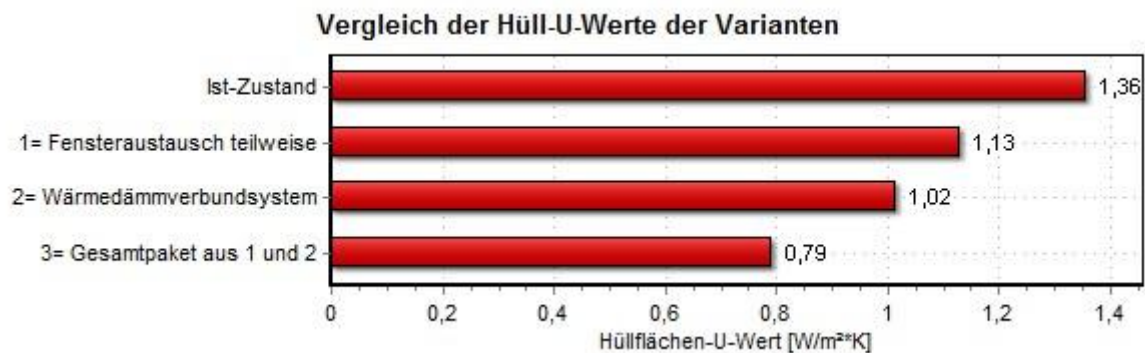


Die folgende Grafik zeigt Ihnen die Energieflüsse im Ist-Zustand und in den Varianten



### 2.8.3 Verbesserung der Gebäudehülle in den Varianten

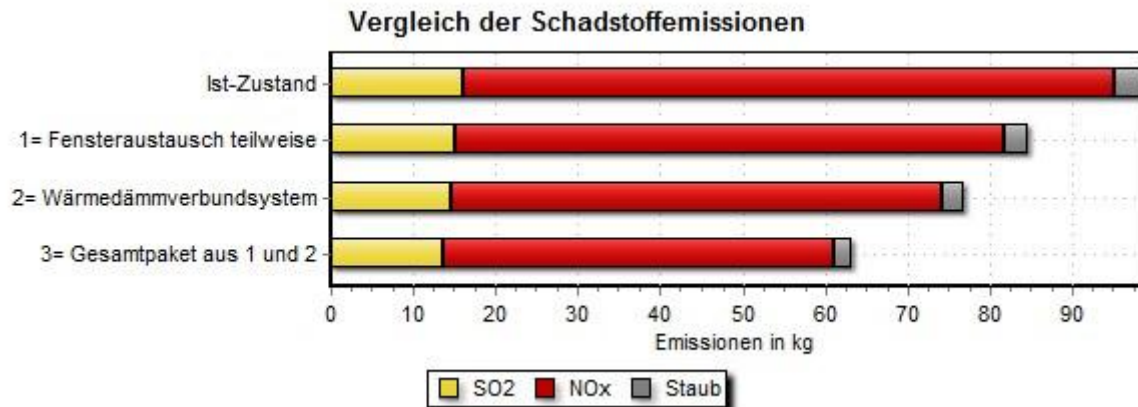
Die folgende Grafik zeigt Ihnen einen Vergleich der U-Werte der Varianten:



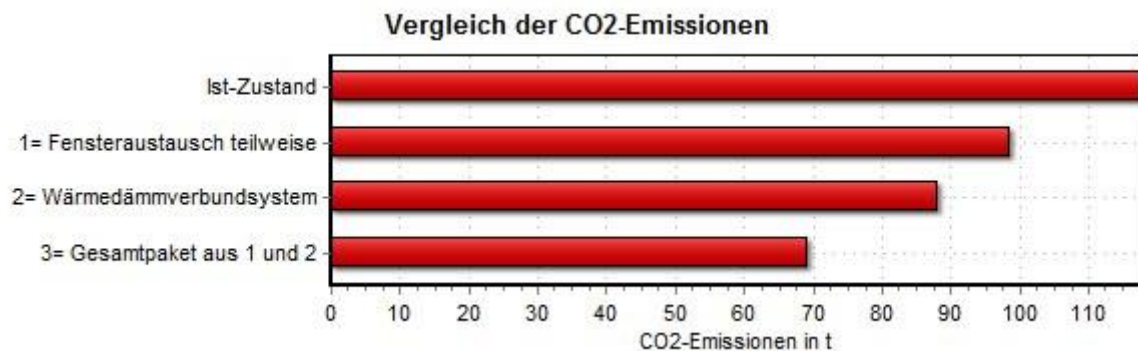
### 2.8.4 Ökologische Betrachtung der Varianten

Die ökologische Verbesserung im Betrieb drückt sich vor allem durch den Bedarf an Primärenergie und der Emission von CO<sub>2</sub> aus.

Die folgenden Grafiken zeigen Ihnen einen Vergleich der Emissionen der Varianten:



Emissionen (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und Staub) der Sanierungsvarianten im Vergleich zum Ist-Zustand



CO<sub>2</sub>-Emissionen der Sanierungsvarianten im Vergleich zum Ist-Zustand

## 2.9 Energieeinsparung in der Schule

Zum Thema Gebäudeenergieeinsparung wurde in diesem Bericht bereits an anderer Stelle ausführlich berichtet. Im Wesentlichen sind hier die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste und deren Vermeidung besprochen worden.

Insbesondere die Lüftungsproblematik sollte bei Schulen besondere Beachtung finden. Eine ständige ausreichende Versorgung mit frischer Luft ist essentiell notwendig für einen guten Lernerfolg. Studien haben bewiesen, dass ein direkter Zusammenhang besteht zwischen der Frischluftversorgung (Sauerstoff- vs. Schadstoffgehalt) und Lernleistung.

Da Schulräume während der Nutzung sehr intensiv belegt sind, und während der Nichtnutzungszeit komplett leer stehen, bietet sich eine **nutzungsabhängige Steuerung** der Belüftung an. Das normalerweise vorherrschende manuelle System - freie Lüftung über die Fenster - reicht bei modernen oder gut sanierten Gebäuden heute nicht mehr aus. Eine Stoßlüftung beschränkt sich auf die Pausenzeiten, was den Ansprüchen an den Sauerstoffhaushalt nicht mehr genügt. Bei freier Lüftung sollten alle Fenster 2-mal je Stunde für 3 Minuten voll geöffnet werden. Generell sind also **mechanische Lüftungseinrichtungen** zu bevorzugen. Die nutzungsabhängige Steuerung kann auf den Regelgrößen CO<sub>2</sub>-Gehalt oder Feuchtigkeit oder eine Kombination davon basieren. Bei manueller Steuerung (freie Fensterlüftung) kann eine "Ampel" die Notwendigkeit des Lüftens anzeigen, ein Verantwortlicher öffnet dann die Fenster. Besser - aber aufwändiger - ist eine kontrollierte mechanische Lüftungsanlage. Sie kann in Kombination mit der genannten Regelung für den optimalen Luftaustausch sorgen; es wird nicht zu viel und nicht zu wenig gelüftet. Während im Neubau zentrale Anlagen (mit Lüftungskanälen) mit effizienter Wärmerückgewinnung zum Einsatz kommen, bieten sich im Bestand eher dezentrale, im Bereich der Fenster angeordnete Lüftungen an. Diese können auch mit Wärmerückgewinnung ausgestattet sein und den Luftstrom für eine optimale Durchströmung der Räume untereinander koordinieren.

Ähnlich essentiell wie die Belüftung ist auch die Beleuchtung der Schulräume. Hier geht es darum, die Lernenden mit einem ausreichenden, gleichmäßigen und möglichst natürlichem Licht zu versorgen. Dazu sollte in erster Linie **Tageslicht** dienen. Das heißt, große (nicht übermäßige) Fensterflächen sollen prinzipiell erhalten werden; ist die Raumtiefe groß, sind **lichtlenkende Elemente** geeignet, das Tageslicht in die hinteren Bereiche zu lenken.

Das Kunstlicht sollte den Raum / die Arbeitsbereiche voll ausleuchten können (300 lx), selbstverständlich komplett mit Stromspartechnologie und physiologisch passendem Lichtspektrum ausgestattet sein. Ideal sind Tageslichtlampen, die dem Farbspektrum des Tageslichts nahe kommen. Auch dies ist ein wichtiger Faktor für die Aufmerksamkeit der Lernenden.

Bei starker Sonneneinstrahlung muss es möglich sein, Fenster zu verschatten ohne die Tageslichtversorgung unter den Sollwert sinken zu lassen.

Sonnenschutzsysteme sind integrale Bestandteile eines **Energiekonzeptes**, das die Temperatur-, Licht-, und Luftverhältnisse berücksichtigt.

Der wesentliche Faktor für die energetische Situation in einer Schule ist jedoch der **Nutzer**. Im Wesentlichen also die Schüler und Lehrer, aber auch der für den Betrieb zuständige Hausmeister. Sollen die eingesetzten Spartechnologien Wirkung zeigen, so müssen diese Gruppen unbedingt in das Konzept einbezogen werden. Dies geschieht in der Regel durch Motivation und Schulung. Der Energieberater kann hier eine wichtige Rolle in der Vermittlung spielen, letztendlich müssen aber auch alle Verantwortlichen (z.B. die Schulleitung) von den Zielen der Energieeinsparung überzeugt werden. Sehr erfolgreich sind Aktionen mit Schülern ("Energie-Detektive"), die die Schule auf Schwachstellen untersuchen, Verantwortung für den energiesparenden Betrieb übernehmen und die Erfolge messen und protokollieren.

In diesem Zusammenhang ist die Rolle der Schule als Multiplikator hervorzuheben: gelernte Spartechnologien werden wie selbstverständlich nach Hause getragen und dort eingesetzt.

In den folgenden Abschnitten finden Sie weitere Hinweise zu den Themen Stand-by, Beleuchtung, Lüftung, Heizung, Trinkwarmwasser und Mitarbeitermotivation.

### 2.9.1 Stand-by - die heimlichen Stromverbraucher

Wussten Sie schon, dass der Stromverbrauch Stand-by für ein Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich ist? Jedes Watt Stand-by-Leistung im Dauerbetrieb kostet jährlich ca. 1,80 €. Neue technische Entwicklungen erlauben die Reduktion des Stand-by-Verbrauchs um 90% ohne Einschränkung der Nutzeranforderungen.

Aus ist nicht gleich aus! Viele Geräte verbrauchen auch dann noch Strom, wenn sie vermeintlich ausgeschaltet wurden.

In einem typisch eingerichteten Büro (10 PC-Arbeitsplätze, 1 Server, 1-2 Laserdrucker, 1 Kopiergerät, 1 DSL-Router, 10 Telefone, 1 Anrufbeantworter, 1 Kaffeemaschine, 1 Geschirrspüler) können bis zu 2.500 kWh/a und damit ca. 450 € durch konsequentes Abschalten eingespart werden! Was können Sie also tun?:

- Setzen Sie schaltbare Steckdosenleisten ein und schließen Sie alle Geräte eines Arbeitsplatzes an. Schalten Sie nicht benötigte Geräte konsequent ab.
- Eine Alternative zu schaltbaren Steckdosenleisten sind spezielle Vorschaltgeräte für PC, Monitor etc.
- Läuft ein Monitor länger als eine halbe Stunde ohne, dass daran gearbeitet wird, sollte er einfach abgeschaltet werden.
- Mobiltelefone: Bestehendes Gerät ggf. durch ein verlustarmes Gerät ersetzen. Elektronische Ladegeräte verbrauchen nur ca. 0,1 Watt. Nach dem Laden des Telefons Stecker des Ladegerätes ziehen.
- Faxgeräte: Achten Sie beim Einkauf auf den Stromverbrauch im Stand-by-Betrieb.
- Tintenstrahldrucker: Das Abschalten des Tintenstrahldruckers ist nur sinnvoll, wenn er extrem selten benutzt wird. Nach jedem Einschalten spült der Drucker seinen Druckkopf mit Tinte - ein Vorgang, der mehr Kosten verursacht, als man beim Stromverbrauch sparen kann.

## 2.9.2 Beleuchtung - die einfache Art, Strom zu sparen

Die Beleuchtung gehört zu den größten Stromverbrauchern (ca. 50% im Büro). Arbeitsplätze müssen jedoch normgerecht ausgeleuchtet werden, um eine qualitativ hochwertige Arbeit zu gewährleisten. Einfach abschalten geht hier nicht.

Einige Tipps, die Licht ins Dunkel bringen:

- **Energiesparlampen:** Vor dem Ersatz einer Glühlampe, Leuchtstoffröhre o.ä. durch Energiesparlampen (ESL) sollten Sie 5 Punkte prüfen:  
 Lichtfarbe: Für Arbeitssituationen sollte diese neutral oder tageslichtweiß sein, als Nebenbeleuchtung genügt warmweiß oder extra-warmweiß.  
 Farbwiedergabe: Die Farbtreue von Lampen wird mit einer Kennzahl von 1 (sehr gut) bis 4 (ausreichend) ausgedrückt. Für die Außenbeleuchtung kann auch eine geringe Farbqualität ausreichend sein.  
 Lampenform: ESL werden in unterschiedlichen Formen und Größen angeboten. Verschaffen Sie sich einen Überblick.  
 Lebensdauer: Glühlampen sind in der Anschaffung im Gegensatz zu ESL deutlich billiger. Dennoch erweisen sich ESL aufgrund ihrer längeren Lebensdauer auf lange Sicht als wesentlich günstiger. Achtung: Nicht alle ESL halten gleich lang. Die Lebensdauer ist meist auf der Verpackung angegeben.  
 Effizienzklasse: Kriterien für die Vergabe der Effizienzklasse sind die Leistungsaufnahme (Watt) und der Lichtstrom (Lumen). ESL sind in der Effizienzklasse A und sparen bis 80% Strom gegenüber einer Glühlampe.
- **Leuchtsysteme mit Halogenlampen (Seilsysteme):** Seilsysteme werden mit Niedervoltssystemen betrieben, deren Niederspannung von einem Transformator erzeugt wird. Die Ausrüstung mit IRC-Halogenlampen reduziert den Stromverbrauch um etwa 30%.
- **Präsenzmelder:** Wenig genutzte Räume (Lager, WC, Aufenthaltsräume etc.) sollten mit Präsenzmeldern (z. B. Bewegungsmelder) ausgerüstet werden. Strom wird dann nur verbraucht, wenn er gebraucht wird. Einsparung ca. 15%.
- **Tageslichtkontrolle:** Der Einsatz von Tageslichtkontrollen spart ca. 30% Strom.
- **Lichtlenkung:** Lichtlenksysteme können bis 20% Strom sparen.
- **Leuchtstoffröhren** müssen regelmäßig gereinigt und gewartet werden. Die Leuchtkraft lässt empfindlich nach, wenn diese verschmutzen.

## 2.9.3 Mitarbeiter und Nutzer informieren und motivieren

Einsparungen im Bereich Energie sind hochgradig von der Mitwirkung der Mitarbeiter und Nutzer abhängig. Beziehen Sie deshalb Ihre Mitarbeiter und Nutzer mit ein, machen Sie Energie zum Thema.

Klären Sie über den Energieverbrauch beim Heizen, Lüften, Beleuchten, Stand-by etc. auf. Benennen Sie Verantwortliche und führen Sie ein Belohnungs- und Anreizsystem ein. Das Einsparpotenzial kann bis zu 30% betragen.

Gebäude- und Anlagenverantwortliche sollten Sie ebenfalls über ein Belohnungs- und Anreizsystem in Verbindung mit einem Energiecontrolling in die dauerhafte Energieeinsparung einbinden.

### Verantwortung festlegen, Mitarbeiter motivieren

- Informieren Sie die Mitarbeiter über Einsparmöglichkeiten. Übernehmen Sie Einsparvorschläge der Mitarbeiter. Erarbeiten Sie dazu Arbeitsanleitungen.
- Benennen Sie Beauftragte für Energie für verschiedene Teilbereiche. Erstellen Sie Checklisten, die eine Verringerung des Energieverbrauchs transparent machen und überprüfen lassen.
- Geben Sie regelmäßig den aktuellen Energieverbrauch einzelner Teilbereiche und des Gesamtunternehmens bekannt.
- Belohnen Sie Energieeinsparungen von Teilbereichen durch Belobigung und/oder Ausschüttung von Teilen der Energieeinsparung.



### **3 Anhang: Ergänzende Angaben**

In den folgenden Abschnitten finden Sie detaillierte Angaben sowie Berechnungsergebnisse zu dem vorliegenden Objekt Heidensteilschule.

### 3.1 Angaben zu den Zonen

#### 3.1.1 Nutzungsparameter der Zonen

In Abhängigkeit der Nutzungsart schreibt die DIN V 18599, Teil 10 Nutzungsparameter vor. Für die Berechnung des Gebäudes **Heidensteilschule** wurden diese Parameter so angepasst, dass diese der tatsächlichen Nutzung sehr nahe kommen. In der folgenden Tabelle sind die angepassten Nutzungsparameter ausgegeben.

Zonenbezeichnung	Nutzung Beginn	Nutzung Ende	tägl. Nutzungsstunden	jährl. Nutzungstage	jährl. Nutzungsstunden $T_{a,n}$	jährl. Nutzungsstunden Nacht	tägl. Betriebsstunden RLT, Kühlung	jährl. Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung	tägl. Betriebsstunden Heizung	Wartungswert Beleuchtungsstärke	Höhe Nutzzebene	Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	Relative Abwesenheit	Raumindex	Teilbetriebfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	Feuchteanforderung	Mindestaußenluft- volumenstrom	Personen-Abwärme	Arbeitshilfen-Abwärme
	[Uhr]	[Uhr]	[h]	[d]	[h]	[h]	[h]	[d]	[h]	[lx]	[m]	[-/-]	[-/-]	[-/-]	[-/-]	[-/-]	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Wh/m <sup>2</sup> d	Wh/m <sup>2</sup> d
Schule	08:00	15:00	7	200	1.400	0	9	200	9	300	0,8	1,0	0,3	2,0	0,9	m.T.	0,6	100	20

### 3.2 Daten zur Gebäudehülle

Bauteilname	Grenzflächen	U-Wert	Fläche	HT <sup>1)</sup>	F <sub>x</sub> <sup>2)</sup>
		[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> ]	[W/K]	[kWh/a]
<b>Zone Schule</b>					
Bodenplatte UG 1965	nach unten	1,00	307,8	307,8	0,15
Bodenplatte UG Treppenhaus	nach unten	1,00	66,5	66,5	0,10
Fußboden 1961	nach unten	0,83	429,8	358,6	0,50
Bodenplatte UG 1961	nach unten	1,00	479,7	479,7	0,10
oberste Geschossdecke 1965	nach oben	0,22	307,8	66,7	0,80
Flachdach Treppenhaus	nach oben	0,88	185,7	164,0	1,00
oberste Geschossdecke 1961	nach oben	0,16	754,5	121,7	0,80
Dachschräge 1961	nach oben	1,40	39,8	55,7	1,00
Außenwände West 1965	seitlich	1,40	151,3	211,9	1,00
Außenwände Ost 1965	seitlich	2,37	44,6	105,6	1,00
Außenwände Süd 1965	seitlich	1,40	105,2	147,3	1,00
Heizkörpernischen West 1965	seitlich	1,48	22,9	33,9	1,00
Heizkörpernischen Ost 1965	seitlich	1,48	48,6	72,0	1,00
Kellerwände West Erdreich 1965	seitlich	3,66	100,0	366,5	0,40
Kellerwände Ost 1965	seitlich	3,52	72,1	253,5	1,00
Außenwände Ost Treppenhaus	seitlich	3,20	30,2	96,6	1,00
Außenwände West Treppenhaus	seitlich	3,20	8,8	28,0	1,00
Kellerwände Treppenhaus UG zu Altbau	seitlich	3,66	35,2	129,2	0,40
Außenwände Nord 1961	seitlich	1,40	324,7	454,6	1,00
Außenwände Süd 1961	seitlich	1,40	222,5	311,5	1,00
Außenwände West 1961	seitlich	1,40	238,1	333,3	1,00
Außenwände Ost 1961	seitlich	1,40	207,5	290,5	1,00
Außenwände Nord Erdreich 1961	seitlich	1,40	73,5	102,9	0,40
Außenwände West Erdreich 1961	seitlich	1,40	64,1	89,7	0,40
Fenster Ost 91	Fenster/Tür	3,00	154,2	462,5	1,00
Fenster West 91	Fenster/Tür	3,00	96,8	290,5	1,00
Fenster West einfach	Fenster/Tür	5,00	11,9	59,4	1,00
Fenster Treppenhaus West	Fenster/Tür	1,90	38,1	72,4	1,00
Fenster Treppenhaus Ost	Fenster/Tür	1,90	38,1	72,4	1,00
Fenster Nord 2007	Fenster/Tür	1,30	64,7	84,1	1,00
Alufenster Süd	Fenster/Tür	3,20	199,3	637,7	1,00
Fenster West 2007	Fenster/Tür	1,30	5,5	7,1	1,00
Fenster Nord 91	Fenster/Tür	3,00	21,3	64,0	1,00
Fenster Ost 88	Fenster/Tür	3,00	167,0	500,9	1,00
Fenster Ost 2007	Fenster/Tür	1,30	1,5	2,0	1,00
Außentüren Alu Nord	Fenster/Tür	4,30	9,1	39,1	1,00
Außentüren Alu Ost	Fenster/Tür	4,30	7,5	32,4	1,00
Fenster/Türen 2013 Süd	Fenster/Tür	1,30	19,0	24,6	1,00
Fenster/Türen 2013 West	Fenster/Tür	1,30	39,2	51,0	1,00

<sup>1)</sup>HT - spezifischer Transmissionswärmekoeffizient durch das Bauteil W/K

<sup>2)</sup>F<sub>x</sub> - Temperatur-Korrekturfaktor

<b>Bauteilkategorie</b>	<b>durchschn. U-Wert</b> [W/m <sup>2</sup> K]	<b>Fläche</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Wärmeverlust</b> [kWh/a]
untere Abgrenzung	0,94	1.283,8	20.893
obere Abgrenzung	0,32	1.287,9	32.042
seitliche Abgrenzung	1,73	1.749,2	185.857
Fenster/Tür	2,75	873,2	166.750
Wärmebrücken	0,10	5.194,2	25.808

## 4 Bauteilnachweis

Nachfolgend wird der Bauteilnachweis für die Bauteile im Ist-Zustand ausgegeben.

### 4.1 Übersicht der Bauteile

#### Vorbemerkungen

Für das Gebäude Pestalozzistrasse 2, 55743 Idar-Oberstein wurden die U-Werte der Bauteile gemäß DIN EN ISO 6946 ermittelt und mit den Anforderungen der EnEV 2009, Anhang 3, Tab. 1 verglichen.

Bauteil	Detail	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Anforderung EnEV <sup>1)</sup>	
			max. U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Status
oberste Geschossdecke 1965	Detail-D.1	0,217	0,240	ok
Flachdach Treppenhaus	Detail-D.2	0,883	0,200	-
oberste Geschossdecke 1961	Detail-D.3	0,161	0,240	ok
Dachschräge 1961	Detail-D.4	1,400	0,240	-
Bodenplatte UG 1965	Detail-K.1	1,000	0,500	-
Bodenplatte UG Treppenhaus	Detail-K.1	1,000	0,500	-
Fußboden 1961	Detail-K.2	0,834	0,500	-
Bodenplatte UG 1961	Detail-K.1	1,000	0,500	-
Außenwände West 1965	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Außenwände Ost 1965	Detail-W.2	2,368	0,240	-
Außenwände Süd 1965	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Heizkörpernischen West 1965	Detail-W.3	1,482	0,240	-
Heizkörpernischen Ost 1965	Detail-W.3	1,482	0,240	-
Kellerwände West Erdreich 1965	Detail-W.4	3,665	0,300	-
Kellerwände Ost 1965	Detail-W.5	3,518	0,240	-
Außenwände Ost Treppenhaus	Detail-W.6	3,196	0,240	-
Außenwände West Treppenhaus	Detail-W.6	3,196	0,240	-
Kellerwände Treppenhaus UG zu Altbau	Detail-W.4	3,665	0,300	-
Außenwände Nord 1961	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Außenwände Süd 1961	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Außenwände West 1961	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Außenwände Ost 1961	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Außenwände Nord Erdreich 1961	keine	1,400	0,300	-
Außenwände West Erdreich 1961	keine	1,400	0,300	-
Fenster Ost 91	Detail-F.1	3,000	1,300	-
Fenster West 91	Detail-F.1	3,000	1,300	-
Fenster West einfach	Detail-F.2	5,000	1,300	-
Fenster Treppenhaus West	Detail-F.3	1,900	1,300	-
Fenster Treppenhaus Ost	Detail-F.3	1,900	1,300	-
Fenster Nord 2007	Detail-F.4	1,300	1,300	ok



---

Alufenster Süd	Detail-F.5	3,200	1,300	-
Fenster West 2007	Detail-F.4	1,300	1,300	ok
Fenster Nord 91	Detail-F.1	3,000	1,300	-
Fenster Ost 88	Detail-F.6	3,000	1,300	-
Fenster Ost 2007	Detail-F.4	1,300	1,300	ok
Außentüren Alu Nord	Detail-F.7	4,300	2,900	-
Außentüren Alu Ost	Detail-F.7	4,300	2,900	-
Fenster/Türen 2013 Süd	Detail-F.8	1,300	1,300	ok
Fenster/Türen 2013 West	Detail-F.8	1,300	1,300	ok

<sup>1)</sup>Die Anforderungen der EnEV 2009, Anhang 3, Tab. 1 gelten für den erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen und stellen **keine Anforderung für den Neubau dar!**

## 4.2 Detaillierte Auflistung der Bauteile

### 4.2.1 Konstruktionen mit Abgrenzung nach oben

#### 4.2.1.1 Detail-D.1

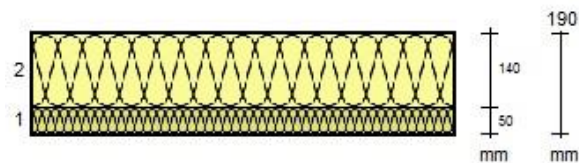
Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - oberste Geschossdecke 1965

##### 4.2.1.1.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 19,0

### oberste Geschossdecke 1965

Oberseite (außen)



1: Holzwolle-Mehrschichtplat  
 2: Mineral. Faserdämmstoff

Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]	
1	Holzwolle-Mehrschichtplat	500	5,00	25,00	0,120	0,42	
2	Mineral. Faserdämmstoff	20	14,00	2,80	0,035	4,00	
<b>Summe:</b>						<b>4,42</b>	
						R <sub>innen</sub> :	0,10
						R <sub>außen</sub> :	0,10
						R <sub>T</sub> :	<b>4,62</b>
						U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>0,22</b>

#### 4.2.1.2 Detail-D.2

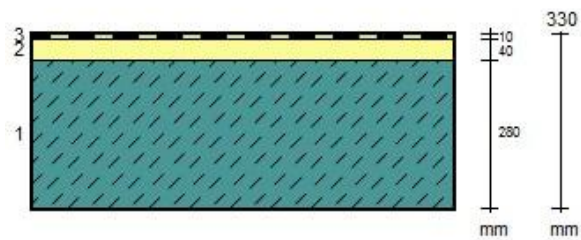
Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Flachdach Treppenhaus

##### 4.2.1.2.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 33,0

### Flachdach Treppenhaus

Oberseite (außen)



- 1: Normalbeton
- 2: Dämmkorkplatte
- 3: Abdichtung

Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m <sup>2</sup> K/W]	
1	Normalbeton	2.300	28,00	644,00	2,100	0,13	
2	Dämmkorkplatte	100	4,00	4,00	0,050	0,80	
3	Abdichtung	1.200	1,00	12,00	0,170	0,06	
<b>Summe:</b>			<b>33,00</b>	<b>660,00</b>		<b>0,99</b>	
						R <sub>innen</sub> :	0,10
						R <sub>außen</sub> :	0,04
						R <sub>T</sub> :	<b>1,13</b>
						U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>0,88</b>

### 4.2.1.3 Detail-D.3

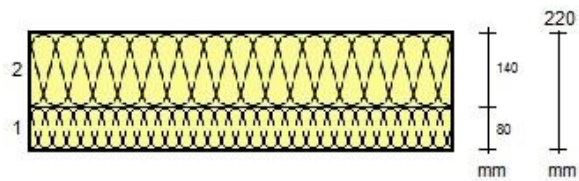
Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - oberste Geschossdecke 1961

#### 4.2.1.3.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 22,0

### oberste Geschossdecke 1961

Oberseite (außen)



1: Polystyrolschaum  
 2: Mineral. Faserdämmstoff

Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]
1	Polystyrolschaum	25	8,00	2,00	0,040	2,00
2	Mineral. Faserdämmstoff	20	14,00	2,80	0,035	4,00
	<b>Summe:</b>		<b>22,00</b>	<b>4,80</b>		<b>6,00</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,10
					R <sub>außen</sub> :	0,10
					R <sub>T</sub> :	<b>6,20</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>0,16</b>

### 4.2.1.4 Detail-D.4

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Dachschräge 1961

#### 4.2.1.4.1 Wärmeschutz

Für diese Konstruktion liegt kein detaillierter Schichtaufbau vor, es wird daher der Typologiewert von 1,40 W/(m²K) verwendet.

## **4.2.2 Konstruktionen mit Abgrenzung nach unten**

### **4.2.2.1 Detail-K.1**

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Bodenplatte UG 1965
- Bodenplatte UG Treppenhaus
- Bodenplatte UG 1961

#### 4.2.2.1.1 Wärmeschutz

Für diese Konstruktionen liegt kein detaillierter Schichtaufbau vor, es wird daher der Typologiewert von  $1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  verwendet.

#### 4.2.2.2 Detail-K.2

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Fußboden 1961

##### 4.2.2.2.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 8,0

#### Fußboden 1961



1: Zement-Estrich  
 2: Polystyrolschaum

Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m <sup>2</sup> K/W]
1	Zement-Estrich	2.000	4,00	80,00	1,400	0,03
2	Polystyrolschaum	25	4,00	1,00	0,040	1,00
	<b>Summe:</b>		<b>8,00</b>	<b>81,00</b>		<b>1,03</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,17
					R <sub>außen</sub> :	0,00
					R <sub>T</sub> :	<b>1,20</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>0,83</b>



### **4.2.3 Konstruktionen mit seitlicher Abgrenzung**

#### **4.2.3.1 Detail-W.1**

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Außenwände West 1965
- Außenwände Süd 1965
- Außenwände Nord 1961
- Außenwände Süd 1961
- Außenwände West 1961
- Außenwände Ost 1961

##### 4.2.3.1.1 Wärmeschutz

Für diese Konstruktionen liegt kein detaillierter Schichtaufbau vor, es wird daher der Typologiewert von  $1,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  verwendet.

### 4.2.3.2 Detail-W.2

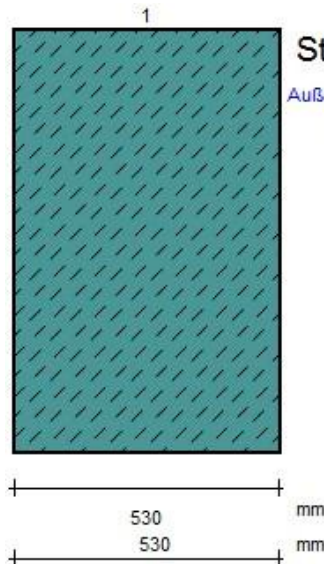
Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Außenwände Ost 1965

#### 4.2.3.2.1 Wärmeschutz

Dicke in cm:

53,0



**Stahlbetonwände 53 cm**

Außenseite

1: Normalbeton

Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]
1	Normalbeton	2.300	53,00	1.219,00	2,100	0,25
	<b>Summe:</b>		<b>53,00</b>	<b>1.219,00</b>		<b>0,25</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,13
					R <sub>außen</sub> :	0,04
					R <sub>T</sub> :	<b>0,42</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>2,37</b>

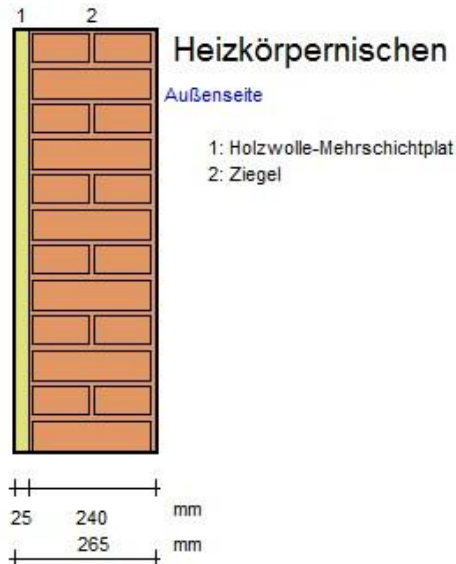
### 4.2.3.3 Detail-W.3

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Heizkörpernischen West 1965
- Heizkörpernischen Ost 1965

#### 4.2.3.3.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 26,5



Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m <sup>2</sup> K/W]
1	Holzwolle-Mehrschichtplatt	500	2,50	12,50	0,120	0,21
2	Ziegel	1.800	24,00	432,00	0,810	0,30
	<b>Summe:</b>		<b>26,50</b>	<b>444,50</b>		<b>0,50</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,13
					R <sub>außen</sub> :	0,04
					R <sub>T</sub> :	<b>0,67</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>1,48</b>

#### 4.2.3.4 Detail-W.4

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Kellerwände West Erdreich 1965  
 - Kellerwände Treppenhaus UG zu Altbau

##### 4.2.3.4.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 30,0



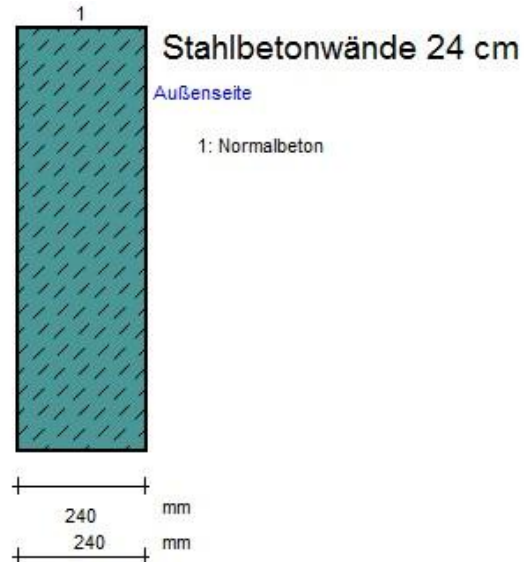
Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]
1	Normalbeton	2.300	30,00	690,00	2,100	0,14
	<b>Summe:</b>		<b>30,00</b>	<b>690,00</b>		<b>0,14</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,13
					R <sub>außen</sub> :	0,00
					R <sub>T</sub> :	<b>0,27</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>3,66</b>

#### 4.2.3.5 Detail-W.5

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Kellerwände Ost 1965

##### 4.2.3.5.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 24,0



Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]
1	Normalbeton	2.300	24,00	552,00	2,100	0,11
	<b>Summe:</b>		<b>24,00</b>	<b>552,00</b>		<b>0,11</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,13
					R <sub>außen</sub> :	0,04
					R <sub>T</sub> :	<b>0,28</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>3,52</b>

#### 4.2.3.6 Detail-W.6

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Außenwände Ost Treppenhaus
- Außenwände West Treppenhaus

##### 4.2.3.6.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 30,0



Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]
1	Normalbeton	2.300	30,00	690,00	2,100	0,14
	<b>Summe:</b>		<b>30,00</b>	<b>690,00</b>		<b>0,14</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,13
					R <sub>außen</sub> :	0,04
					R <sub>T</sub> :	<b>0,31</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>3,20</b>



## 4.2.4 Fensterkonstruktionen

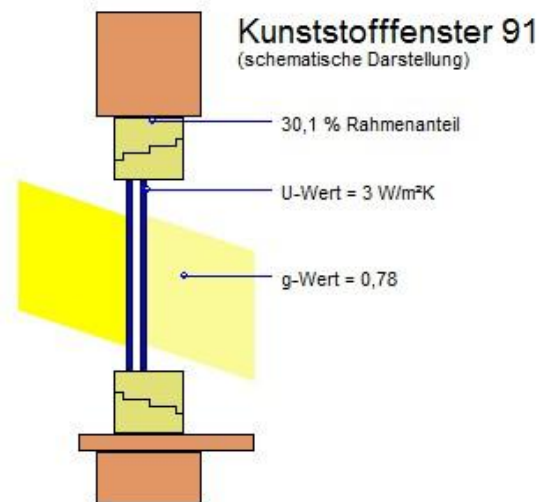
### 4.2.4.1 Detail-F.1

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Fenster Ost 91
- Fenster West 91
- Fenster Nord 91

#### 4.2.4.1.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,78



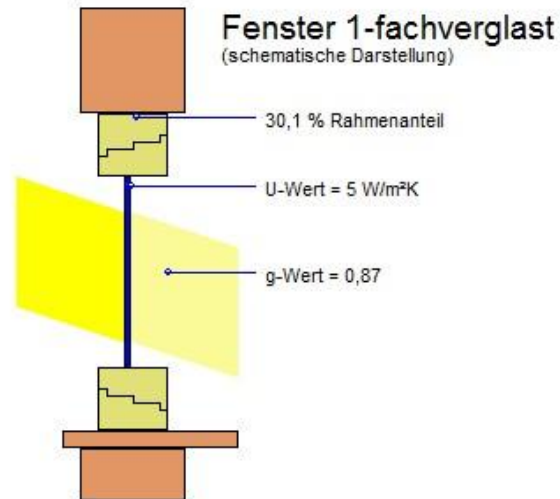
Rahmenanteil in %: 30,1

#### 4.2.4.2 Detail-F.2

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Fenster West einfach

##### 4.2.4.2.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,87



Rahmenanteil in %: 30,1

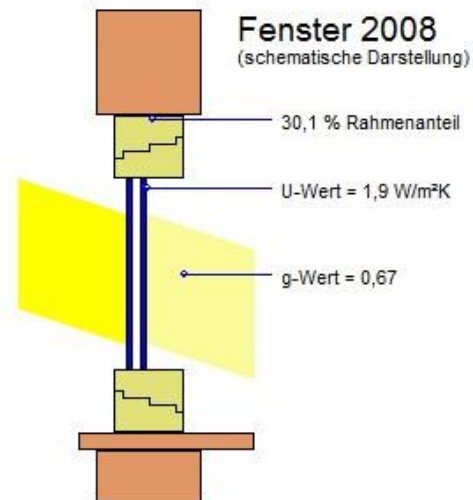
#### 4.2.4.3 Detail-F.3

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Fenster Treppenhaus West
- Fenster Treppenhaus Ost

##### 4.2.4.3.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,67



Rahmenanteil in %: 30,1

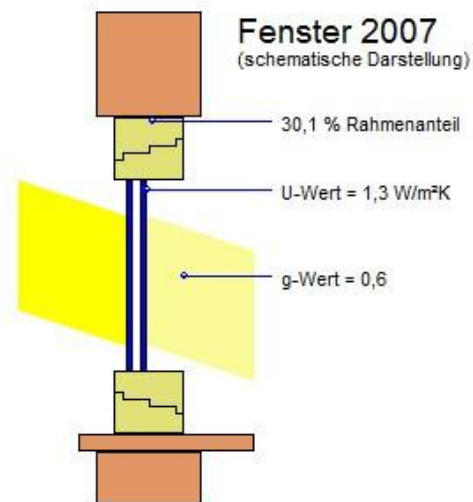
#### 4.2.4.4 Detail-F.4

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Fenster Nord 2007
- Fenster West 2007
- Fenster Ost 2007

##### 4.2.4.4.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,60



Rahmenanteil in %: 30,1

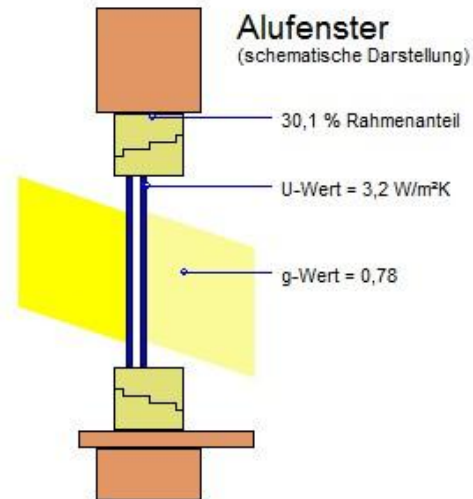
#### 4.2.4.5 Detail-F.5

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Alufenster Süd

##### 4.2.4.5.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,78



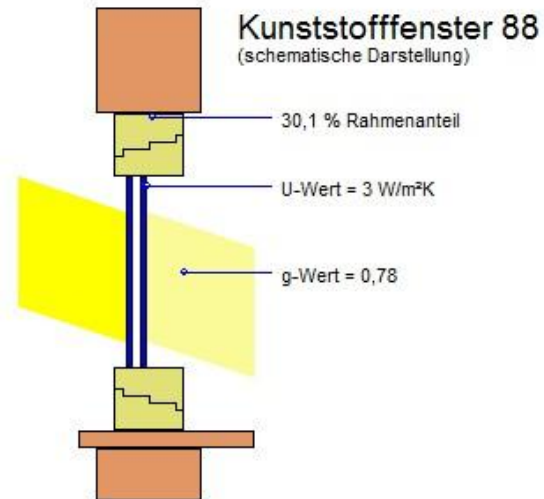
Rahmenanteil in %: 30,1

#### 4.2.4.6 Detail-F.6

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
- Fenster Ost 88

##### 4.2.4.6.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,78



Rahmenanteil in %: 30,1



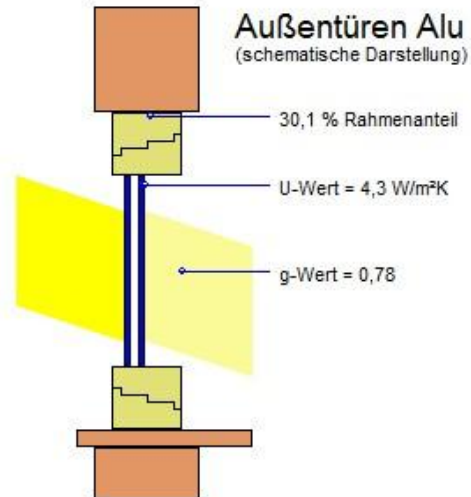
#### 4.2.4.7 Detail-F.7

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Außentüren Alu Nord
- Außentüren Alu Ost

##### 4.2.4.7.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,78



Rahmenanteil in %: 30,1

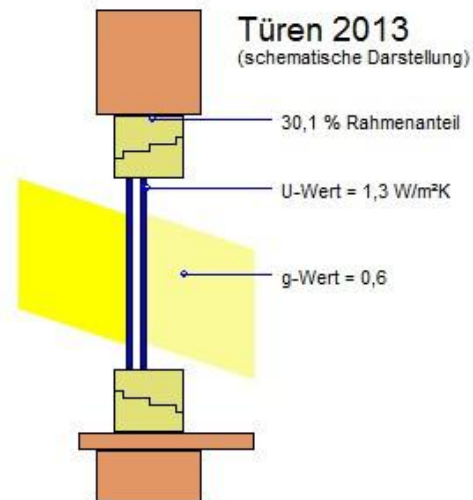
#### 4.2.4.8 Detail-F.8

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Fenster/Türen 2013 Süd
- Fenster/Türen 2013 West

##### 4.2.4.8.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,60



Rahmenanteil in %: 30,1

<sup>1)</sup> Anforderung nach EnEV 2009, Anlage 3, Tabelle 1

<sup>2)</sup> Wärmedurchlasswiderstand

### 4.3 Ergänzende Angaben zur Beleuchtung des Objektes

Die Beleuchtung wird bereichsweise betrachtet. Ein Beleuchtungsbereich ist eine Zone (oder ein Teil von ihr), in der spezifische Beleuchtungsverhältnisse herrschen.

#### Beleuchtungsbereiche mit vertikaler Tageslichtversorgung

Beleuchtungs-Bereich	Raumgröße	Raumbreite	Raumtiefe	Nutzebene	Breite Tageslichtbereich	Sturzhöhe	Brüstungshöhe	Fensterbauteil	Lichttransmissionsgrad
Klassenräume Süd EG	250,29	37,19	6,73	0,80	37,19	3,21	0,85	Alufenster Süd	0,82
Klassenräume Süd 1.OG	250,29	37,19	6,73	0,80	37,19	3,21	0,85	Alufenster Süd	0,82
Flur Nord 1.OG	87,03	38,51	2,26	0,80	26,65	2,97	0,85	Fenster Nord 2007	0,78
Flur Nord EG	87,03	38,51	2,26	0,80	26,65	2,97	0,85	Fenster Nord 2007	0,78
Flur Nord 1.OG Bereich Treppenhaus	32,63	12,22	2,67	0,80	8,25	2,53	0,80	Fenster Nord 91	0,82
Archiv 1.OG Süd	22,74	3,42	6,65	0,80	3,42	2,62	2,02	Alufenster Süd	0,82
Treppenhaus 1.OG Südseite	25,26	4,01	6,30	0,80	4,01	2,60	0,80	Alufenster Süd	0,82
Raum bei Treppenhaus 1.OG Südseite	27,72	4,40	6,30	0,80	4,40	2,60	0,80	Alufenster Süd	0,82
Klassenräume 1.OG Ostseite	166,85	24,50	6,81	0,80	24,50	3,21	0,85	Fenster Ost 88	0,82
Kochen 1.OG Ostseite	62,89	9,23	6,81	0,80	9,23	3,20	0,85	Fenster Ost 88	0,82
Flurbereich 1.OG West	50,73	18,38	2,76	0,80	8,60	2,66	0,85	Fenster West 91	0,82
Lehrmittel 1.OG West	17,11	6,20	2,76	0,80	5,02	2,66	0,85	Fenster West 91	0,82
Klassenräume EG Ost Erweiterung	198,87	29,55	6,73	0,80	29,55	3,25	0,90	Fenster Ost 91	0,82
Flurbereiche EG West Erweiterung	75,80	30,20	2,51	0,80	21,70	2,71	0,90	Fenster West 91	0,82
Treppenhaus EG Erweiterung	64,00	6,40	10,00	0,80	6,40	3,20	0,00	Fenster Treppenhaus West	0,78
Treppenhaus UG Erweiterung	64,00	6,40	10,00	0,80	6,40	3,20	0,00	Fenster Treppenhaus West	0,78
Klassenräume UG Ost Erweiterung	198,87	29,55	6,73	0,80	29,55	3,25	0,90	Fenster Ost 91	0,82
Flurbereiche UG West Erweiterung	75,80	30,20	2,51	0,80	21,70	2,71	0,90	Fenster West 91	0,82
Räume EG Ost	170,71	34,21	4,99	0,80	34,21	3,25	0,90	Fenster Ost 88	0,82
Räume EG West	45,50	15,69	2,90	0,80	13,08	2,71	0,90	Fenster West 91	0,82
Lehrmittel EG Süd	22,74	3,42	6,65	0,80	3,42	2,62	2,02	Alufenster Süd	0,82

---

Eingangshalle EG	80,32	8,50	9,45	0,80	8,50	3,20	0,00	Außentüren Alu Nord	0,82
Räume UG Ost	117,00	18,00	6,50	0,80	18,00	2,70	0,80	Fenster Ost 88	0,82
Pausenhalle UG	103,50	11,50	9,00	0,80	11,50	2,80	0,80	Fenster/Türen 2013 Süd	0,78
Räume UG2 Erweiterung Ost	56,35	19,43	2,90	0,80	19,43	2,92	2,28	Fenster Ost 91	0,82
Räume UG2 Erweiterung West	47,99	19,43	2,47	0,80	19,43	2,92	2,28	Fenster West einfach	0,90
Chemiesaal UG	87,36	9,60	9,10	0,80	9,60	2,68	0,97	Fenster Ost 91	0,82

## Berechnungsergebnisse

### 4.4 Energieträgerverwendung

In dem vorliegenden Gebäude werden folgende Energieträger verwendet: Diese Energieträger werden wie folgt genutzt:

#### Energieträger: Erdgas\_H

Endenergiebedarf	Heizwert [kWh]	bzgl. Fläche [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Brennwert [kWh]	bzgl. Fläche [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
für Raumwärmeerzeugung	421.860	145,1	468.264	161,0
für Trinkwassererwärmung	0	0,0	0	0,0
für Luftaufbereitung	0	0,0	0	0,0
für Kälteerzeugung	0	0,0	0	0,0
für Dampferzeugung	0	0,0	0	0,0
für Beleuchtung	0	0,0	0	0,0
für Hilfsgeräte	0	0,0	0	0,0
<b>Endenergie gesamt</b>	<b>421.860</b>	<b>145,1</b>	<b>468.264</b>	<b>161,0</b>
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>464.046</b>	<b>159,6</b>		

#### Energieträger: Strom

Endenergiebedarf	Heizwert [kWh]	bzgl. Fläche [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Brennwert [kWh]	bzgl. Fläche [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
für Raumwärmeerzeugung	1.988	0,7	1.988	0,7
für Trinkwassererwärmung	0	0,0	0	0,0
für Luftaufbereitung	0	0,0	0	0,0
für Kälteerzeugung	0	0,0	0	0,0
für Dampferzeugung	0	0,0	0	0,0
für Beleuchtung	21.541	7,4	21.541	7,4
für Hilfsgeräte	0	0,0	0	0,0
<b>Endenergie gesamt</b>	<b>23.529</b>	<b>8,1</b>	<b>23.529</b>	<b>8,1</b>
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>61.174</b>	<b>21,0</b>		

## **Handlungsempfehlungen und Prioritätenliste:**

### **Kurzfristig:**

- Sensibilisierung der Nutzer auf energiesparenden Umgang mit dem Gebäude

### **Mittelfristig:**

- Umstellung der teilweise vorhandenen VVG- Leuchtstoffröhren von VVG auf EVG
- Austausch der veralteten Außentüren

### **Langfristig:**

- Dämmung der Außenwände
- Erneuerung veralteter Fenster
- Zusätzliche Dämmung der Flachdächer über den Treppenhäusern im Falle einer Flachdachsanierung