

## Anhang 3b Baustein 3 - Feinanalyse Einzelberichte

### Heidensteilschule Turnhalle Pestalozzistraße 2 55743 Idar-Oberstein

Baujahr	1965
Wärmeübertragende Umfassungsfläche A	3.823 m <sup>2</sup>
Beheiztes Gebäudevolu- men V <sub>e</sub>	6.835 m <sup>3</sup>
Verhältnis A/V <sub>e</sub>	0,56



## 1 Bestandsaufnahme

### 1.1 Grunddaten

Die Turnhalle wurde im Jahre 1965 in der Pestalozzistraße 2 erbaut, im Jahre 1983 wurde ein Bühnenanbau angebaut.

Das Gebäude besteht aus einer Turnhalle mit Dusch- und Umkleieräumen, einem Lehrschwimmbekken, sowie einem Bühnenanbau mit kleinem Saal, nebst Nebenräumen.

Das Lehrschwimmbekken wird mit Fertigstellung des Hallenbades Idar-Oberstein nach Auskunft der Stadtverwaltung stillgelegt und ist somit nicht mehr Schwerpunkt des Beratungsberichtes.

Alle Dächer sind nach oben durch Flachdächer abgeschlossen.

Die Gebäude sind in Massivbauweise errichtet, der Anbau 1983 in Fertigteilbauweise und Mauerwerksbau.

Im Jahre 1992 wurde das Flachdach der Turnhalle und das Nebendach im Bereich des Geräteraumes und Heizraumes mit 10 cm Zusatzdämmung gedämmt, des Weiteren wurde auch die Außenwand Nord und Ost im Bereich des Schwimmbades bei einer Sanierung mit 6 cm Dämmung zusätzlich gedämmt.

Im Jahre 2013 wurde die Heizanlage der gesamten Liegenschaft Heidensteilschule, welche sich im Gebäude der Turnhalle befindet, erneuert.

Ansonsten besteht Sanierungsstau an diesem Gebäude.



Umkleiden und Schwimmbhalle 1965 Nord/Ostansicht



Schwimmbhalle 1965 Nordansicht



Schwimmbhalle 1965 Westansicht



Turnhalle und Nebenräume 1965 Westansicht



Bühnenanbau und Nebenräume 1983 Westansicht    Bühnenanbau und Nebenräume 1983 Südansicht



Bühnenanbau und Nebenräume 1983 Ostansicht

Turnhalle und Umkleiden 1965 Ostansicht

#### Gebäudedaten

Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude	
Baujahr:	1961	
Energiebezugsfläche $A_{NGF}$ :	1.200,0	m <sup>2</sup>
Gebäudevolumen $V_e$ :	6.835,36	m <sup>3</sup> (Brutto)
Wärmeübertragende Umfassungsfläche A:	3.822,79	m <sup>2</sup> (Brutto)
A/V-Verhältnis:	0,56	m <sup>-1</sup>
Fensterflächen:	222,57	m <sup>2</sup>
Vollgeschosse:	1	
charakteristische Breite:	25,00	m
charakteristische Länge:	55,85	m

#### Gebäudeansichten

Siehe Seite 2 und 3

### 1.2 Nutzerverhalten

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner 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 sowie von Ihren Angaben ausgegangen.

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

Das Gebäude wird derzeit als Turnhalle für die Heidensteilschule und Vereine genutzt, des Weiteren als Veranstaltungsgebäude im Bühnenanbau.

Bis das Hallenbad Idar-Oberstein fertiggestellt ist, wird das Lehrschwimmbad noch zur Schulnutzung betrieben, danach, nach Aussage der Stadtverwaltung Idar-Oberstein, stillgelegt.

### 1.3 Bisherige wärmetechnische Investitionen am Gebäude

Im Jahre 1992 wurde das Flachdach der Turnhalle und das Nebendach im Bereich des Geräteraumes und Heizraumes mit 10 cm Zusatzdämmung gedämmt, des Weiteren wurde auch die Außenwand Nord und Ost im Bereich des Schwimmbades bei einer Sanierung mit 6 cm Dämmung zusätzlich gedämmt.

Im Jahre 2013 wurde die Heizanlage der gesamten Liegenschaft Heidensteilschule, welche sich im Gebäude der Turnhalle befindet, erneuert.

### 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 <sub>NGF</sub> [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]	Volumen V <sub>netto</sub> [m <sup>3</sup> ]	Zonenhülle [m <sup>2</sup> ]	Personen [Anzahl]	Konditionierung (Hz/Tw/K/RLT/Bel)	Trinkwasser- nutzung <sup>1)</sup> [Personen]
Turnhalle / Bühnenanbau und Nebenräume	21,0	1.200	100,0	5.460	3.823	0	ja/ja/-/ja/ja	40 Personen

Als gemittelte Temperatur aller Räume (einschließlich Schwimmhalle) wurde eine flächengewichtete Temperatur von 21°C angenommen, diese berücksichtigt auch die teilweise geringe Beheizung im Bühnenanbau in Nichtnutzungszeiten.

Der tägliche Warmwasserbedarf für Duschen wurde seitens der Stadtverwaltung Idar-Oberstein auf 40 Personen am Tag abgeschätzt.

### 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 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	1.413	0,93	14,44	0,11
Dach	1.402	0,46	26,64	0,08
Wand	785	0,88	26,08	0,10
Fenster	223	4,27	32,85	0,80

### 1.5.1 Grenzflächen nach oben (Dach)

Die Abgrenzung der thermischen Hülle nach oben bilden die Flachdächer.

Das Flachdach der Turnhalle und Teile der Nebendächer wurden im Jahre 1992 mit 10 cm Dämmung zusätzlich gedämmt.

Schwachpunkt ist noch das 1992 nicht sanierte Dach über den Umkleideräumen. Dieses befindet sich noch im Urzustand von 1965.



### 1.5.2 Grenzflächen seitlich (Außenwände)

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

Das Gebäude der Turnhalle und Schwimmhalle wurde 1965 in Stahlbetonskelettbauweise und Ausmauerung mittels Hohlblocksteinen errichtet, im Bereich der Stahlbetonbauteile sind zahlreiche Wärmebrücken gegeben.

Zwischenzeitlich wurde die Nord- und Ostseite der Schwimmhalle mit 6 cm Zusatzdämmung versehen.



Die Außenwände des Anbaus 1983 wurden teilweise in gedämmten Fertigteilwänden und teilweise in Bimsleichtbetonsteinen errichtet. Aufgrund der schon geringen U-Werte der Baualterklasse 1983 und der derzeit nur zeitweisen Nutzung des Bühnenanbaus, wird ein zusätzliches Dämmen der Außenwände des Anbaus 1983 nicht empfohlen.



Oberer Pfeil Fertigteilwände, unterer Pfeil Mauerwerk aus Leichtbeton

### 1.5.3 Grenzflächen nach unten (Keller)

Die Abgrenzung der thermischen Hülle bildet die Bodenplatte.  
 Nur im Bereich des Bühnenanbaus ist das Gebäude unterkellert. Der Keller ist unbeheizt.  
 Er ist daher in die thermische Hülle des Gebäudes nicht mit einbezogen.

### 1.5.4 Transparente Bauteile (Fenster, Türen)

Zur seitlichen Abgrenzung der thermischen Hülle gehören die Fenster. Diese bestehen überwiegend aus Alufenstern mit Isolierverglasung und sind in schlechtem, teilweise sogar zerstörtem Zustand. Diese bedeuten vor allem im Bereich der Turnhalle und Schwimmhalle, aufgrund Ihres hohen Flächenanteils, eine größere energetische Schwachstelle. Der Austausch der Fenster in Turnhalle und Anbau 1983 wird empfohlen, allerdings nur im Zusammenhang mit der Erstellung eines Lüftungskonzeptes und der Außenwanddämmung im Altbau 1965.



Veraltete Fensterflächen Schwimmhalle mit mangelhaftem Einbau, darunter Heizkörpernischen als Wärmebrücke



Großflächige, veraltete Fenster Turnhalle



Großflächige, veraltete Fenster Anbau



Zerstörte Fenster in Turnhalle



Zerstörte Fenster in Bühnenanbau

### 1.5.5 Wärmetechnische Schwachstellen, Wärmebrücken

Im vorliegenden Gebäude wurden auch Wärmebrücken gefunden.  
Diese sind überwiegend an den Stahlbetonbauteilen zuvor unter 1.5.2 beschriebener Außenwände anzutreffen,  
sowie an Übergängen zu oberen und unteren abschließenden Bauteilen.  
Die Wärmebrücken können durch eine Außenwanddämmung größtenteils beseitigt werden.



### 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 Heizanlage, die auch das Schulgebäude, sowie die Luftheizung in der Turnhalle und Schwimmhalle mitversorgt, wurde im Jahre 2013 komplett erneuert.

Wegen der bevorstehenden Schließung des Lehrschwimmbeckens wurde dabei auf den Einbau eines Blockheizkraftwerks verzichtet.

Zur besseren Verbrauchserfassung der einzelnen Gebäudeteile wurden bei der Erneuerung der Anlagentechnik Wärmemengenzähler eingebaut.



Verteilung der einzelnen Heizkreise mit Wärmemengenzählern und Effizienzpumpen



Die Heizwärmebereitung wird mit 2 Gasbrennwertkesseln mit je 285 KW Leistung sichergestellt, die auch zwei Warmwasserspeicher mit je 350 Litern Warmwasser für Duschen und Umkleiden versorgen.



Die vor Ort erkennbaren Verteilleitungen sind gut gedämmt.  
 Die Wärmeübergabe findet in der Turnhalle und Schwimmhalle mittels Luftheizung statt, in den restlichen Räumen mittels Heizkörpern, in der Schwimmhalle sind zusätzlich zur Luftheizung noch Heizkörper vorhanden.  
 Die Thermostatventile der Heizkörper sind überwiegend veraltet und sollten erneuert werden.



In der Turnhalle sollte über die Umstellung auf Hell/Dunkelstrahler oder wassergeführte Deckenstrahlplatten zur effizienteren Hallenbeheizung seitens der Stadtverwaltung Idar-Oberstein nachgedacht werden.  
 Im Bereich der Schwimmhalle hängt die Art der Wärmeübergabe von der künftigen Nutzung ab. Hier ist ein Umbau bzw. eine Erneuerung der Lüftungsanlage erst anzuraten, wenn die künftige Nutzung feststeht.

### 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.

#### 1.7.1 Versorgungsbereiche

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

### 1.7.2 Heizkreise

#### Heizkreise des Versorgungsbereiches Wärmeversorgung

Heizkreis	Heizkreis 1	Heizkreis 2
<b>Wärmeabgabe</b>		
Art der Wärmeabgabe	Heizkörper	Luftheizung
Anordnung	Heizkörper nach Außen	Wand / Deckenbereiche
Heizkreistemperatur	70/55°C	70/55°C
<b>Heizungsregler</b>		
Regelung	Thermostatventil mit 2 K Schaltdifferenz	Thermostatventil mit 2 K Schaltdifferenz
elektrische Regelung	nicht elektrisch geregelt	nicht elektrisch geregelt
<b>Umwälzpumpe</b>		
Pumpenregelung	variable Delta P der Pumpenregelung	variable Delta P der Pumpenregelung
Pumpenmanagement	integriertes Pumpenmanagem. aussentemperaturgeführter Kesseltemp.	integriertes Pumpenmanagem. aussentemperaturgeführter Kesseltemp.
<b>Leitungsnetz</b>		
Einrohrnetz	nein	nein
hydraulisch abgeglichen	ja	ja
versorgte Zonen	Turnhalle / Bühnenanbau und Nebenräume zu 58%	Turnhalle / Bühnenanbau und Nebenräume zu 42%

### 1.7.3 Wärmeerzeuger

#### Wärmeerzeuger des Versorgungsbereiches Wärmeversorgung

Wärmeerzeuger	Wärmeerzeuger
Baujahr	2013
Art	Zentralheizung (im Unbeheizten)
Technik	Brennwertgerät
Energieträger	Erdgas (incl. Flüssiggas)
Leistung	2 x 285,0 kW
<b>detaillierte Daten</b>	
<b>Kessel</b>	
Teillastwirkungsgrad	1,05
Kessel-Bereitschaftsverlust	0,00
Kesselwirkungsgrad	0,96

## 1.8 Angaben zur Trinkwarmwasserversorgung

### 1.8.1 Versorgungsbereiche

Versorgungsbereich	Warmwasserversorgung
Lage	zentral
versorgte Zonen	Turnhalle/Bühnenanbau und Nebenräume
Baujahr	1984
<b>Pumpe</b>	
Zirkulation	ja
geregelt	ja
Laufzeit	10 h/d
<b>Speicher</b>	
Volumen	0,70 m <sup>3</sup>
Baujahr	1984

### 1.8.2 Warmwasserbereiter

Warmwasserbereiter des Versorgungsbereiches Warmwasserversorgung

Warmwassererzeuger	Warmwasserbereiter
Baujahr	2013
Technik	Kombi-Erzeuger (Erzeuger für HZ+WW)
Energieträger	Wärmeerzeuger
Leistung	2 x 285,0 kW

## 1.9 Beschreibung und Bewertung der Lüftung

Die Lüftung erfolgt natürlich über Fenster (Kipp- und Stoßlüftung) und über die Lüftungsanlagen in der Sporthalle und Schwimmhalle.

### 1.9.1 Lüftungsbereiche

Lüftungsbereich	Lüftung
Lüftungsart	die Lüftung erfolgt als freie Lüftung (Fenster) und RLT
versorgte Zonen	Turnhalle / Bühnenanbau und Nebenräume

## 1.10 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 **Turnhalle Heidensteilschule**. Eine detaillierte Auflistung der Daten finden Sie ggf. im Anhang.

Beleuchtungsbereich	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Präsenzkontrolle	Tageslichtkontrolle	Anschlussleistung [W/m <sup>2</sup> ]	Endenergie [kWh/a]
Schwimmhalle	208,86	nein	nein	6,86	4.439,1
Wasch und Duschräume Ost	105,58	nein	nein	5,71	1.623,0
WC Bereiche Ost und Umkleide Lehrer	29,02	nein	nein	20,79	1.356,5
Technik West	75,28	nein	nein	14,71	2.399,6
Sporthalle	290,88	nein	nein	14,52	10.335,9
Geräteraum	44,68	nein	nein	2,10	334,2
Kleiner Saal/Bühne	186,12	nein	nein	19,04	10.779,8
Essensausgabe Bühne	67,32	nein	nein	11,77	2.292,1
Küche	25,00	nein	nein	15,08	993,5
Vorbereitungsräume Ost/ Bühne	66,00	nein	nein	41,13	6.742,6
Räume hinter Bühne	54,95	nein	nein	15,09	2.532,1
Restbereiche Kunstlicht	46,32	nein	nein	11,63	1.922,6

In der Turnhalle mit Nebenräumen, der Schwimmhalle und dem Bühnenanbau sind überwiegend stabförmige Leuchtstoffröhren mit VVG (verlustarmem Vorschaltgerät) eingebaut. Diese sollten durch Leuchtstoffröhren mit elektronischer Vorschaltung ersetzt werden.





Im Bühnenanbau kommen noch zusätzliche Leuchten (Strahler) zum Einsatz, ein Umrüsten dieser Beleuchtung sollte aber nur in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer und Belegungsdichte des Bühnenanbaus nach vorheriger Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgen.

### 1.10.1 Schwachstellen des Gebäudes

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

- die veralteten Fenster und Außentüren
- die ungedämmten Außenwände des Gebäudes 1965
- das schwach gedämmte Flachdach über den Duschen und Umkleiden

### 1.10.2 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	280.607	233,8	311.474	259,6
für Trinkwassererwärmung	36.376	30,3	40.378	33,6
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>316.983</b>	<b>264,2</b>	<b>351.851</b>	<b>293,2</b>
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>348.681</b>	<b>290,6</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	1.930	1,6	1.930	1,6
für Trinkwassererwärmung	496	0,4	496	0,4
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	45.751	38,1	45.751	38,1
für Hilfsgeräte	0	0,0	0	0,0
<b>Endenergie gesamt</b>	<b>48.178</b>	<b>40,1</b>	<b>48.178</b>	<b>40,1</b>
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>125.263</b>	<b>104,4</b>		

#### 1.10.3 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.

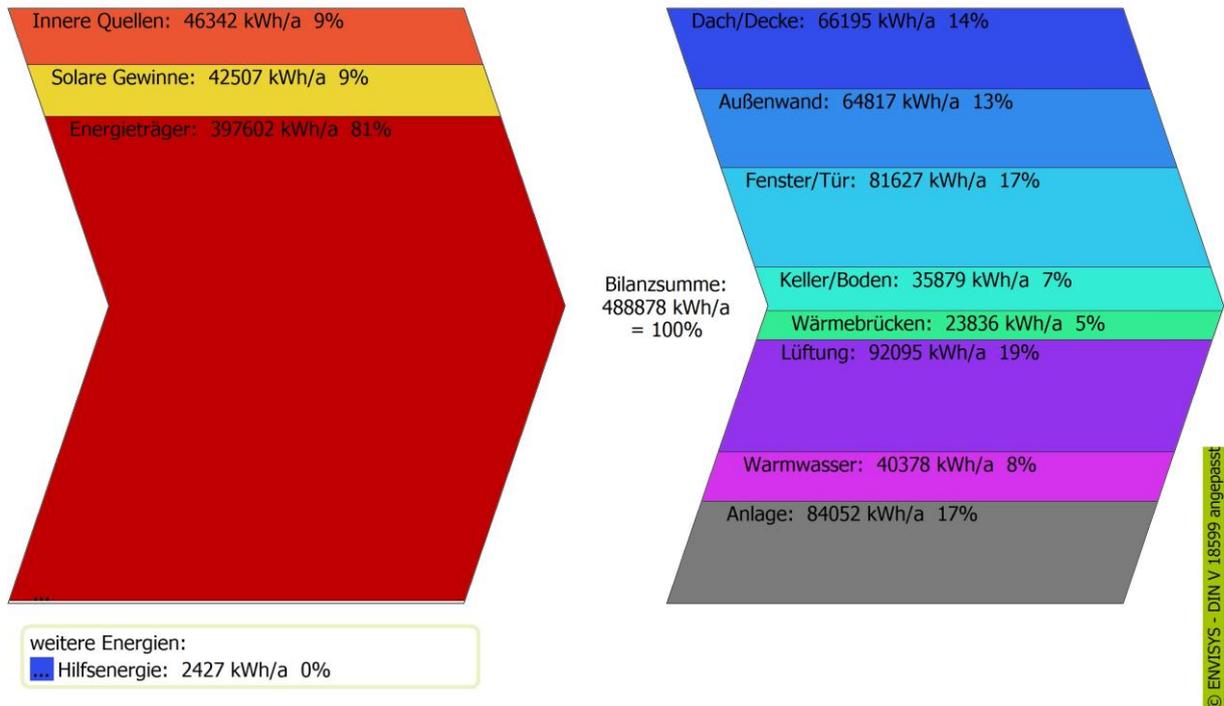
Der Gesamtverbrauch Strom der Jahre 2009-2011 betrug im Mittel ca. 115.426 kWh, der Spitzenwert im Jahre 2011 beträgt 120.017 kWh.

Der Stromeinsatz im Bereich Turnhalle, Schwimmhalle und Bühnenanbau dient überwiegend der Beleuchtung und der Lüftungsanlagen.

#### 1.10.4 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	46.342	9,5	Dach	66.195	13,5
Solare- und Umweltgewinne	42.507	8,7	Außenwände	64.817	13,3
Heizenergie (Brennwert) und Strom	397.602	81,3	Fenster	81.627	16,7
			Keller	35.879	7,3
			Wärmebrücken	23.836	4,9
			<b>Transmissionen</b>	<b>272.353</b>	<b>55,7</b>
			Lüftung	92.095	18,8
			Trinkwarmwasser	40.378	8,3
			Anlage	84.052	17,2
			Beleuchtung	45.751	9,4
<b>Summe</b>	<b>488.878</b>	<b>100,0</b>	<b>Summe</b>	<b>488.878</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 Armierungssputz aufgezogen und Glasfasergebelege 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.

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. **41.809 €** veranschlagt. Es wird von einer Mindestnutzungsdauer von **40 Jahren** ausgegangen.

Diese Maßnahme wird in der/den folgende/n Variante/n verwendet:

1= Wärmedämmverbundsystem, 4= Gesamtpaket aus 1 bis 3

## Eigenschaften der Maßnahme

<i>Daten der Dämmung</i>			
Materialdicke		16,00	cm
Wärmeleitfähigkeit des Materials		0,035	W/mK
Wärme übertragende Fläche		348,41	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>
Außenwand Nord Sporthalle	25,60 m <sup>2</sup>	3.072,00 €	1,40 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K
Außenwand Süd Sporthalle	16,81 m <sup>2</sup>	2.017,20 €	1,40 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K
Außenwand West Sporthalle	161,00 m <sup>2</sup>	19.320,00 €	1,40 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K
Außenwand Ost Sporthalle	145,00 m <sup>2</sup>	17.400,00 €	1,40 / 0,19 W/m <sup>2</sup> K
<b>Summe</b>	<b>348,41 m<sup>2</sup></b>	<b>41.809,20 €</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 Flachdach - Warmdachdämmung von oben

#### Beschreibung

Auslegen von Hartschaum-Dämmplatten auf die vorhandene Dachhaut, Befestigung mit Kiesbelag oder einzelnen Betonplatten.

Als Material kommen im vorliegenden Fall feuchtigkeitsunempfindliche Hartschaum-Dämmplatten mit Stufenfalzen oder mehrlagig versetzt in Frage.

Da der Dämmstoff einen untergeordneten Teil der Gesamtkosten ausmacht, empfehlen sich hohe Dämmstärken.

Die Dämmplattenlage des sog. Umkehrdaches schützt die Dachhaut zusätzlich vor zerstörenden Einflüssen (UV-Einwirkung, Wärmedehnung, mechanische Beanspruchung).

Bauphysik: Durch die Erhöhung der Dämmschicht werden die bauphysikalischen Verhältnisse i. d. R. günstig beeinflusst. Dennoch sollte eine Taupunktberechnung durchgeführt werden.

Ausführungshinweise: Die vorhandene Dachhaut muss auf Dichtigkeit überprüft werden. Die Tragfähigkeit der Dachkonstruktion muss berücksichtigt werden.

Bei Attikaaufbauten sollten auch diese mit Dämmstoff umhüllt werden, um ihre Wärmebrückenwirkung zu reduzieren. Die Einbauhinweise der Hersteller müssen beachtet werden. Mit einem Mindestgefälle des Daches und dem entsprechenden Aufbau kann die Konstruktion auch zum Gründach erweitert werden.

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. **27.994 €** veranschlagt. Es wird von einer Mindestnutzungsdauer von **30 Jahren** ausgegangen.

Diese Maßnahme wird in der/den folgende/n Variante/n verwendet:  
 3= Dämmung Nebendach Umkleiden, 4= Gesamtpaket aus 1 bis 3

## Eigenschaften der Maßnahme

### Daten der Dämmung

Materialdicke		16,00	cm
Wärmeleitfähigkeit des Materials		0,032	W/mK
Wärme übertragende Fläche		233,28	m <sup>2</sup>
Nutzungsdauer		30	Jahre

<i>angewendet auf folgende Bauteile:</i>	<i>Fläche<sup>1)</sup></i>	<i>Kosten</i>	<i>U-Wert alt / neu</i>
Dach Sporthalle Nebenräume Umkleiden/Duschen	233,28 m <sup>2</sup>	27.993,60 €	1,03 / 0,17 W/m <sup>2</sup> K
<b>Summe</b>	<b>233,28 m<sup>2</sup></b>	<b>27.993,60 €</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

### 2.3.3 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 als Schwachstellen, wenn sie nicht wärmege-dämmt sind.

Beim Austausch der Fenster ist ein Lüftungskonzept 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. **111.854 €** veranschlagt. Es wird von einer Mindestnutzungs-dauer von **25 Jahren** ausgegangen.

Diese Maßnahme wird in der/den folgende/n Variante/n verwendet:

2= Fensteraustausch, 4= Gesamtpaket aus 1 bis 3

## Eigenschaften der Maßnahme

### Daten der Fenster

Fenster-Uw-Wert			1,30	W/m <sup>2</sup> K
g-Wert (Strahlungsdurchlässigkeit)			0,70	
Nutzungsdauer			25	Jahre

angewendet auf folgende Bauteile:	Fläche	Kosten	U-Wert alt / neu <sup>1)</sup>	
Alufenster Nord	12,42 m <sup>2</sup>	6.831,00€	4,30 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
Alufenster Süd	5,18 m <sup>2</sup>	2.849,00€	4,30 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
Alufenster West	100,83 m <sup>2</sup>	55.456,49€	4,30 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
Alufenster Ost	79,00 m <sup>2</sup>	43.450,00€	4,30 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
Kunststofffenster isolierverglast Ost	5,94 m <sup>2</sup>	3.267,00€	3,00 / 1,30	W/m <sup>2</sup> K
<b>Summe</b>	<b>203,37 m<sup>2</sup></b>	<b>111.853,50 €</b>	<b>entspricht 550,00 €/m<sup>2</sup></b>	

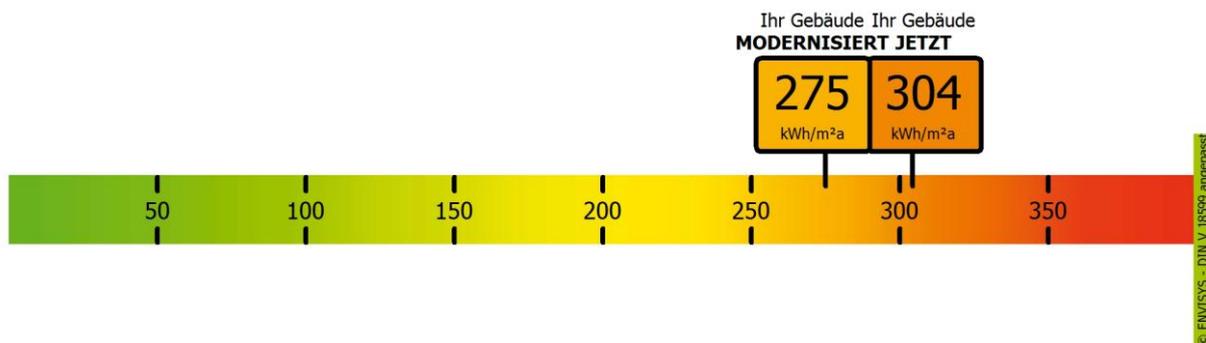
<sup>1)</sup> hierbei handelt es sich um den Uw-Wert (Gesamtkonstruktion)

## 2.4 Variante: 1= Wärmedämmverbundsystem

### 2.4.1 Die wichtigsten Kenngrößen der Variante

	Ist-Zustand	Variante	Einheit	Einsparung
<i>energetisch</i>				
Primärenergiebedarf	473.944	434.952	[kWh/a]	8,2 %
Primärenergiebedarf / m <sup>2</sup>	395,0	362,5	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Endenergiebedarf	365.161	<b>329.987</b>	[kWh/a]	9,6 %
Endenergiebedarf / m <sup>2</sup>	304,3	<b>275,0</b>	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Heizlast	127,9	<b>115,5</b>	[kW]	
Jahresnutzungsgrad	0,570	<b>0,551</b>		
<i>wirtschaftlich</i>				
Energiekosten	33.055	<b>30.329</b>	[€/a]	8,2 %
Energiekosten / Monat	2.755	<b>2.527</b>	[€/Monat]	
Energiekosten /m <sup>2</sup>	27,55	<b>25,27</b>	[€/m <sup>2</sup> a]	
Gesamtinvestition		<b>41.809</b>	[€]	
_Sowieso-Kosten		<b>0</b>	[€]	
_Förderung		<b>0</b>	[€]	
Investition		<b>41.809</b>	[€]	
Investition /m <sup>2</sup>		<b>34,8</b>	[€/m <sup>2</sup> ]	
Amortisation		<b>16</b>	[Jahre]	
mittlere Rendite		<b>2,58</b>	[%]	
Kapitalwert		<b>74.119</b>	[€]	
<i>Emissionen</i>				
CO <sub>2</sub> -Emissionen	89,9	<b>82,7</b>	[kg/m <sup>2</sup> a]	8,0 %
SO <sub>2</sub> -Emissionen	22,7	<b>22,3</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	1,7 %
Nox-Emissionen	62,3	<b>57,6</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	7,6 %
Staub	3,3	<b>3,2</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	4,6 %

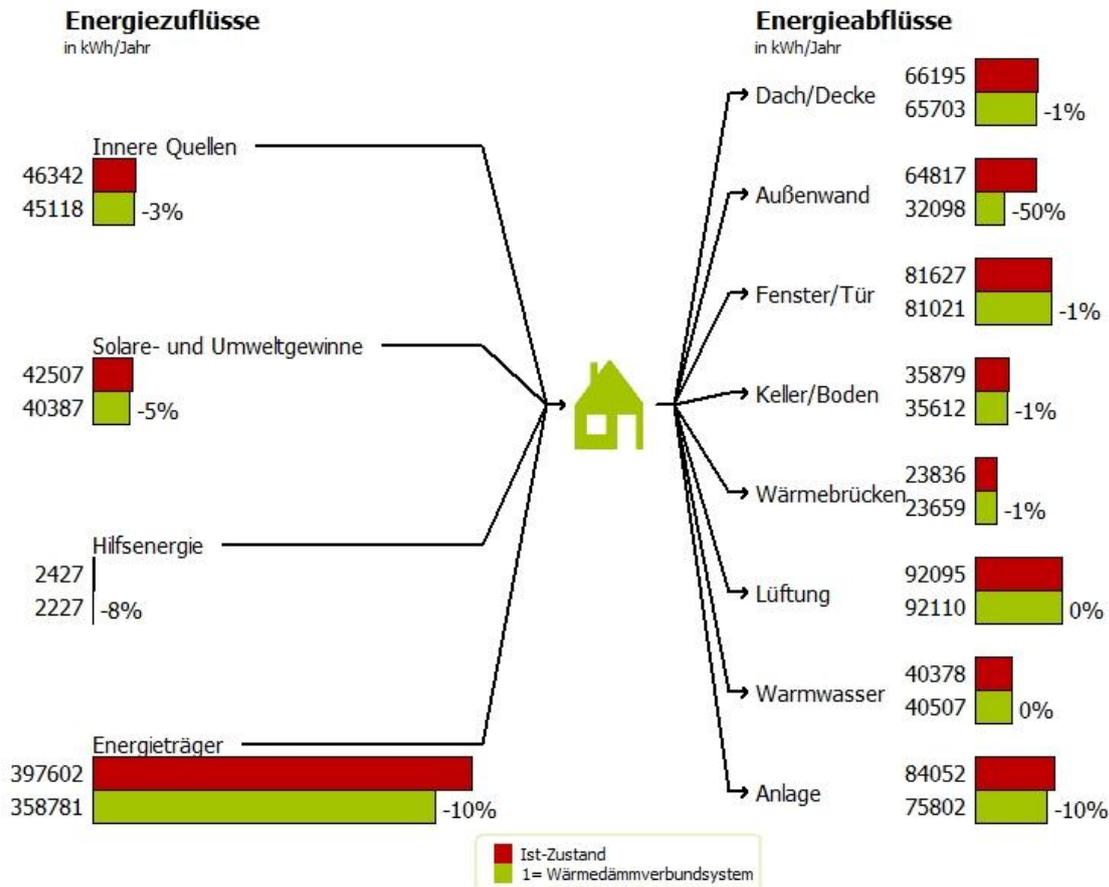
Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energieverbrauchskennzahl vor und nach Durchführung der Maßnahme(n):



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 16 Jahren und baut einen Kapitalwert von 74.119 € 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):



© ENVTSYS - DIN V. 18599 angepasst

#### 2.4.2 Maßnahmen der Variante: 1= Wärmedämmverbundsystem

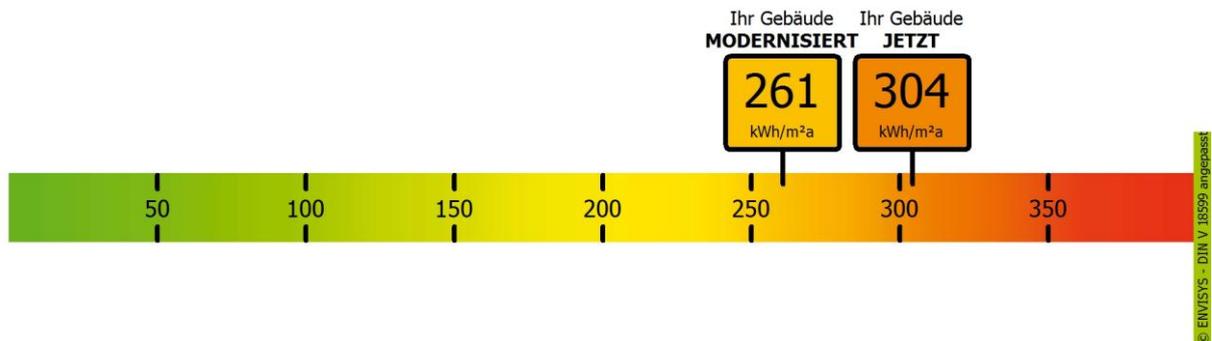
Maßnahme	Kosten je Einheit	Kosten gesamt
Außendämmung, Wärmedämmverbundsystem	120,00 €/m <sup>2</sup>	41.809 €
<b>Summe der Kosten:</b>		<b>41.809 €</b>

## 2.5 Variante: 2= Fensteraustausch

### 2.5.1 Die wichtigsten Kenngrößen der Variante

	Ist-Zustand	Variante	Einheit	Einsparung
<i>energetisch</i>				
Primärenergiebedarf	473.944	416.190	[kWh/a]	12,2 %
Primärenergiebedarf / m <sup>2</sup>	395,0	346,8	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Endenergiebedarf	365.161	<b>312.834</b>	[kWh/a]	14,3 %
Endenergiebedarf / m <sup>2</sup>	304,3	<b>260,7</b>	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Heizlast	127,9	<b>108,6</b>	[kW]	
Jahresnutzungsgrad	0,570	<b>0,537</b>		
<i>wirtschaftlich</i>				
Energiekosten	33.055	<b>29.017</b>	[€/a]	12,2 %
Energiekosten / Monat	2.755	<b>2.418</b>	[€/Monat]	
Energiekosten /m <sup>2</sup>	27,55	<b>24,18</b>	[€/m <sup>2</sup> a]	
Gesamtinvestition		<b>111.854</b>	[€]	
_Sowieso-Kosten		<b>55.000</b>	[€]	
_Förderung		<b>0</b>	[€]	
Investition		<b>56.854</b>	[€]	
Investition /m <sup>2</sup>		<b>93,2</b>	[€/m <sup>2</sup> ]	
Amortisation		<b>15</b>	[Jahre]	
mittlere Rendite		<b>2,42</b>	[%]	
Kapitalwert		<b>46.565</b>	[€]	
<i>Emissionen</i>				
CO <sub>2</sub> -Emissionen	89,9	<b>79,2</b>	[kg/m <sup>2</sup> a]	11,9 %
SO <sub>2</sub> -Emissionen	22,7	<b>22,2</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	2,2 %
Nox-Emissionen	62,3	<b>55,3</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	11,3 %
Staub	3,3	<b>3,1</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	6,7 %

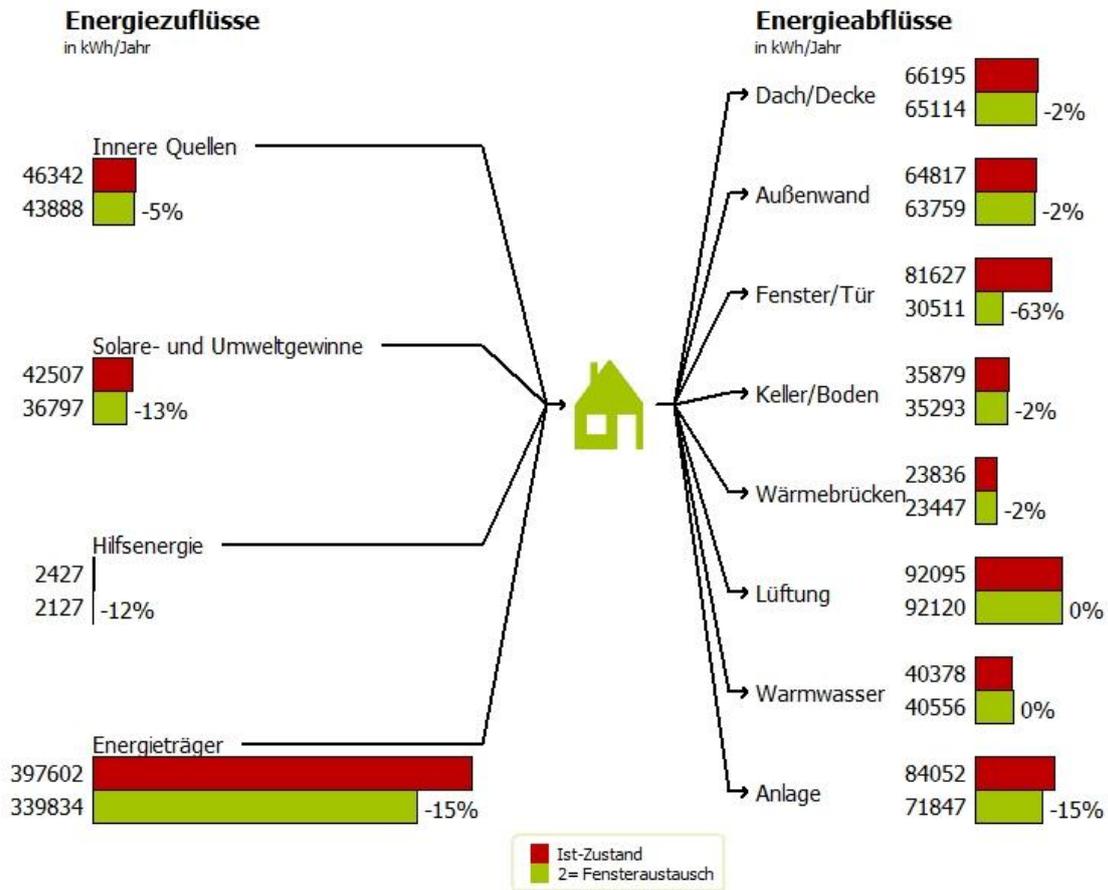
Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energieverbrauchskennzahl vor und nach Durchführung der Maßnahme(n):



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 55.000 € Sowieso-Kosten (50%, müsste noch genau ermittelt werden) und ohne Berücksichtigung von Fördermitteln in 15 Jahren und baut einen Kapitalwert von 46.565 € auf, ist also wirtschaftlich!**  
**Der Ansatz von 50% Sowieso-Kosten ist auf Grund des schlechten Allgemeinzustandes der Fenster vermutlich gegeben.**  
**Bei dieser Maßnahme überwiegen sicherlich auch Behaglichkeits- und Gebrauchstauglichkeitsgründe.**

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= Fensteraustausch

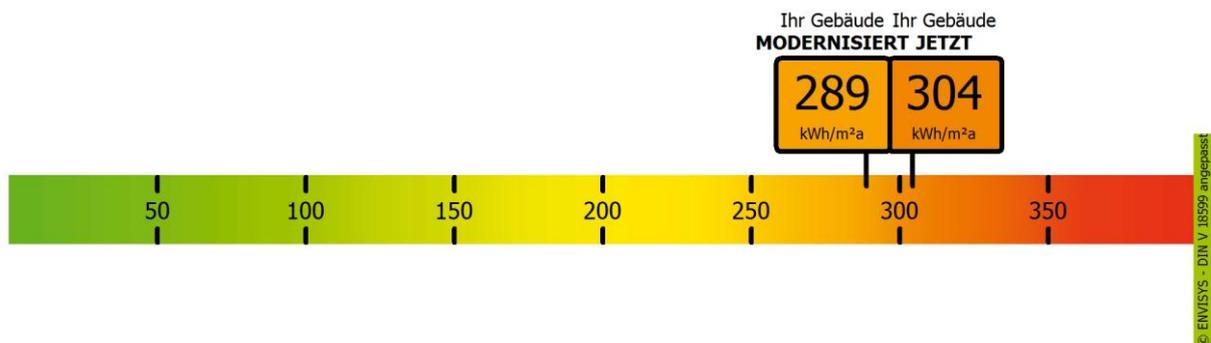
Maßnahme	Kosten je Einheit	Kosten gesamt
Fensteraustausch, Wärmeschutzverglasung	550,00 €/m <sup>2</sup>	111.854 €
<b>Summe der Kosten:</b>		<b>111.854 €</b>

## 2.6 Variante: 3= Dämmung Nebendach Umkleiden

### 2.6.1 Die wichtigsten Kenngrößen der Variante

	Ist-Zustand	Variante	Einheit	Einsparung
<i>energetisch</i>				
Primärenergiebedarf	473.944	453.274	[kWh/a]	4,4 %
Primärenergiebedarf / m <sup>2</sup>	395,0	377,7	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Endenergiebedarf	365.161	<b>346.513</b>	[kWh/a]	5,1 %
Endenergiebedarf / m <sup>2</sup>	304,3	<b>288,8</b>	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Heizlast	127,9	<b>121,4</b>	[kW]	
Jahresnutzungsgrad	0,570	<b>0,563</b>		
<i>wirtschaftlich</i>				
Energiekosten	33.055	<b>31.610</b>	[€/a]	4,4 %
Energiekosten / Monat	2.755	<b>2.634</b>	[€/Monat]	
Energiekosten /m <sup>2</sup>	27,55	<b>26,34</b>	[€/m <sup>2</sup> a]	
Gesamtinvestition		<b>27.994</b>	[€]	
_Sowieso-Kosten		<b>0</b>	[€]	
_Förderung		<b>0</b>	[€]	
Investition		<b>27.994</b>	[€]	
Investition /m <sup>2</sup>		<b>23,3</b>	[€/m <sup>2</sup> ]	
Amortisation		<b>20</b>	[Jahre]	
mittlere Rendite		<b>1,59</b>	[%]	
Kapitalwert		<b>16.970</b>	[€]	
<i>Emissionen</i>				
CO <sub>2</sub> -Emissionen	89,9	<b>86,0</b>	[kg/m <sup>2</sup> a]	4,3 %
SO <sub>2</sub> -Emissionen	22,7	<b>22,5</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	0,9 %
Nox-Emissionen	62,3	<b>59,8</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	4,0 %
Staub	3,3	<b>3,2</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	2,4 %

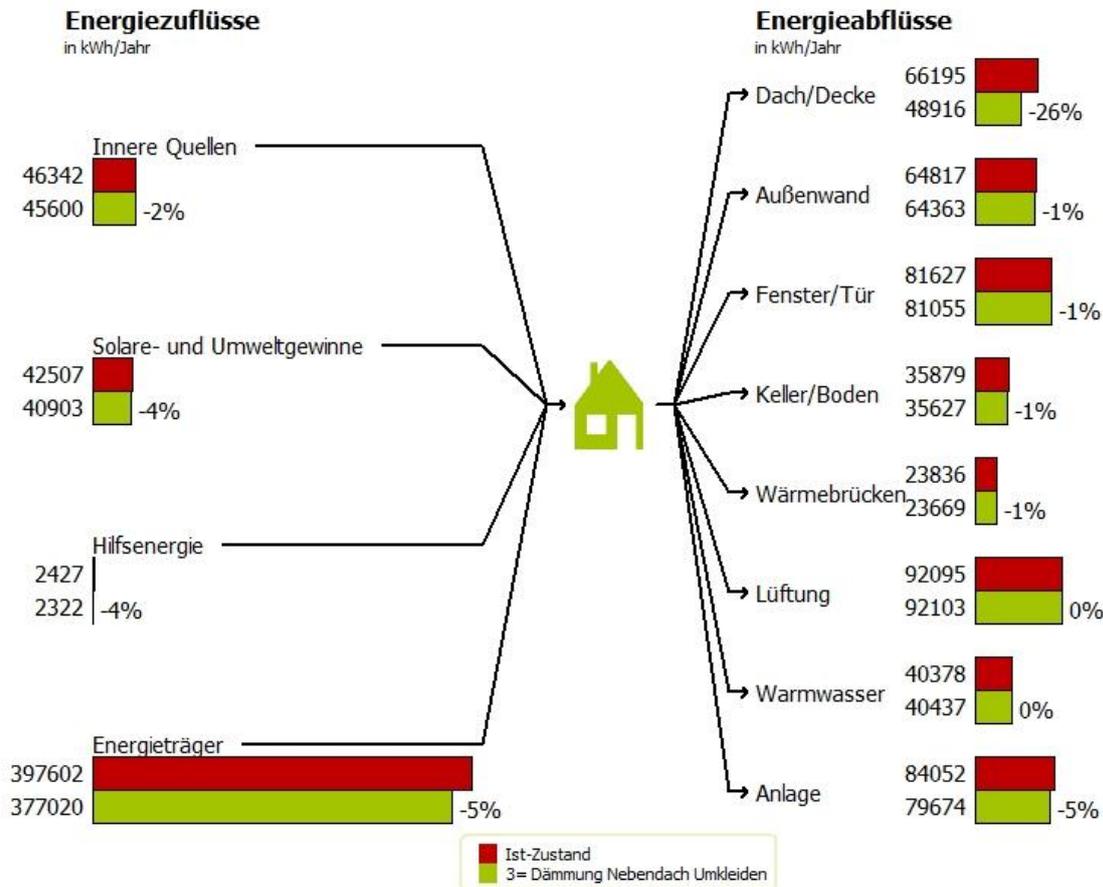
Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energieverbrauchskennzahl vor und nach Durchführung der Maßnahme(n):



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 20 Jahren und baut einen Kapitalwert von 16.970 € 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):



### 2.6.2 Maßnahmen der Variante: 3= Dämmung Nebendach Umkleiden

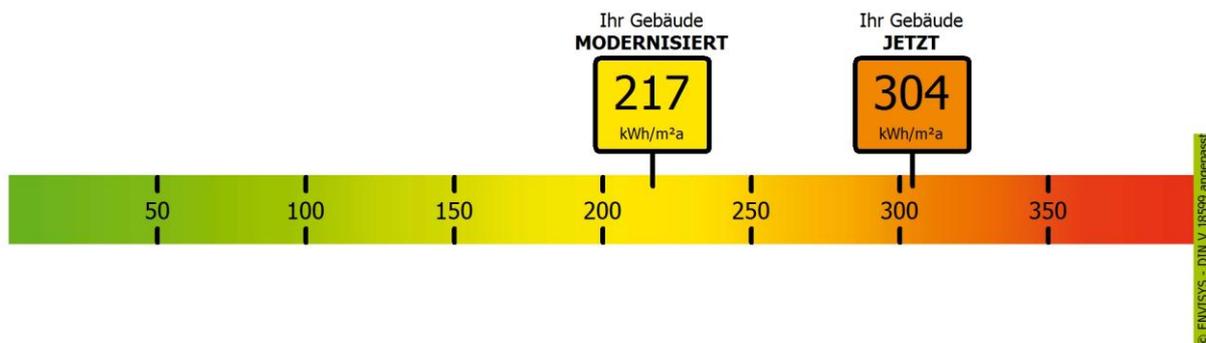
Maßnahme	Kosten je Einheit	Kosten gesamt
Flachdach - Warmdachdämmung von oben	120,00 €/m <sup>2</sup>	27.994 €
<b>Summe der Kosten:</b>		<b>27.994 €</b>

## 2.7 Variante: 4= Gesamtpaket aus 1 bis 3

### 2.7.1 Die wichtigsten Kenngrößen der Variante

	Ist-Zustand	Variante	Einheit	Einsparung
<i>energetisch</i>				
Primärenergiebedarf	473.944	357.740	[kWh/a]	24,5 %
Primärenergiebedarf / m <sup>2</sup>	395,0	298,1	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Endenergiebedarf	365.161	<b>260.108</b>	[kWh/a]	28,8 %
Endenergiebedarf / m <sup>2</sup>	304,3	<b>216,8</b>	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
Heizlast	127,9	<b>89,8</b>	[kW]	
Jahresnutzungsgrad	0,570	<b>0,486</b>		
<i>wirtschaftlich</i>				
Energiekosten	33.055	<b>24.930</b>	[€/a]	24,6 %
Energiekosten / Monat	2.755	<b>2.077</b>	[€/Monat]	
Energiekosten /m <sup>2</sup>	27,55	<b>20,77</b>	[€/m <sup>2</sup> a]	
Gesamtinvestition		<b>181.656</b>	[€]	
_Sowieso-Kosten		<b>55.000</b>	[€]	
_Förderung		<b>0</b>	[€]	
Investition		<b>126.656</b>	[€]	
Investition /m <sup>2</sup>		<b>151,4</b>	[€/m <sup>2</sup> ]	
Amortisation		<b>16</b>	[Jahre]	
mittlere Rendite		<b>2,28</b>	[%]	
Kapitalwert		<b>117.101</b>	[€]	
<i>Emissionen</i>				
CO <sub>2</sub> -Emissionen	89,9	<b>68,4</b>	[kg/m <sup>2</sup> a]	23,9 %
SO <sub>2</sub> -Emissionen	22,7	<b>21,7</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	4,6 %
Nox-Emissionen	62,3	<b>48,2</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	22,7 %
Staub	3,3	<b>2,9</b>	[g/m <sup>2</sup> a]	13,6 %

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

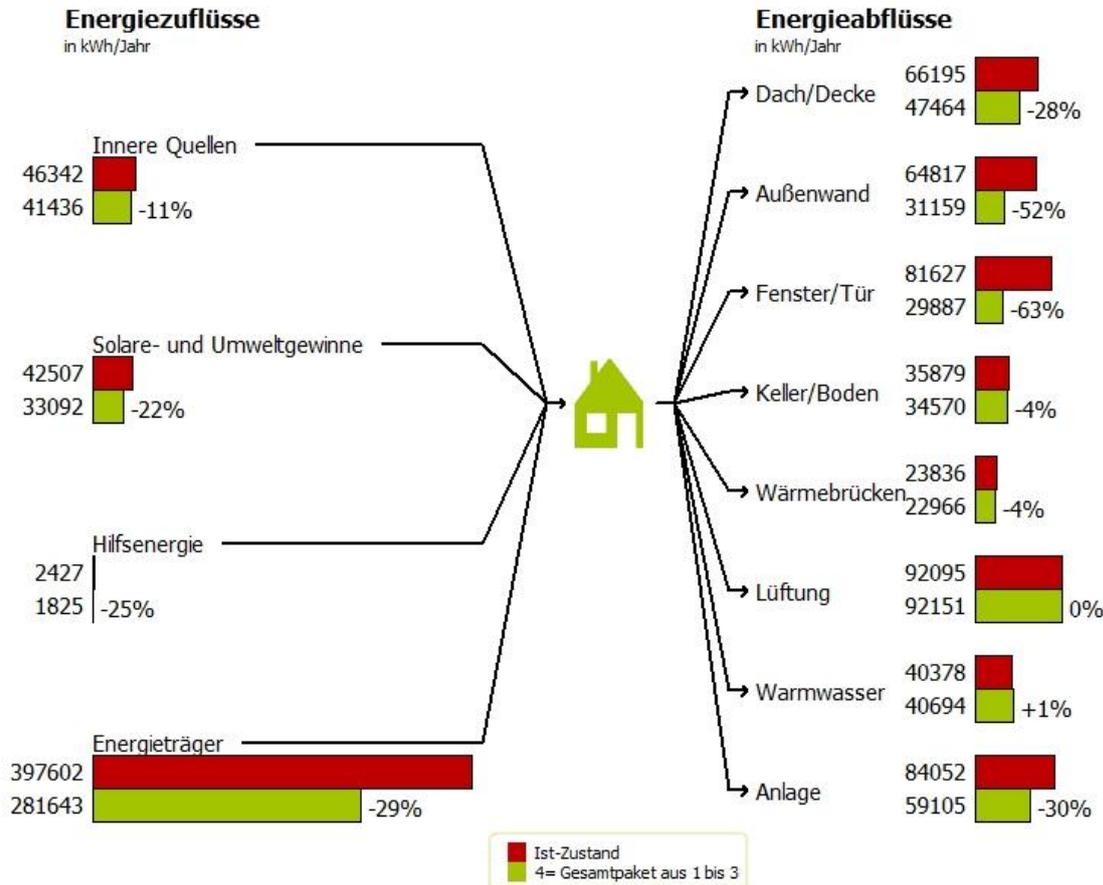


Hinweis: Bei dieser Grafik handelt es sich um die Berechnung mit angepassten Randbedingungen. Eine Abweichung der Ergebnisse zur Berechnung nach EnEV mit normierten Randbedingungen (Energieausweis) ist dadurch gegeben.

**Die Maßnahme amortisiert sich unter Ansatz von 55.000 € Sowieso-Kosten für Fenster (50%, müsste noch genau ermittelt werden) und ohne Berücksichtigung von Fördermitteln in 16 Jahren und baut einen Kapitalwert von 117.101 € auf, ist also wirtschaftlich! Zu beachten ist die CO<sub>2</sub>-Reduktion von 23,9 % 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):



© ENVTSYS - DIN V 18599 angepasst

### 2.7.2 Maßnahmen der Variante: 4= Gesamtpaket aus 1 bis 3

Maßnahme	Kosten je Einheit	Kosten gesamt
Außendämmung, Wärmedämmverbundsystem	120,00 €/m <sup>2</sup>	41.809 €
Flachdach - Warmdachdämmung von oben	120,00 €/m <sup>2</sup>	27.994 €
Fensteraustausch, Wärmeschutzverglasung	550,00 €/m <sup>2</sup>	111.854 €
<b>Summe der Kosten:</b>		<b>181.656 €</b>

## 2.8 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 berücksichtigt		
-	Effektiver Zinssatz	3,5 %
-	Teuerungsrate für Energieträger per anno	4,0 %
-	allgemeine Preissteigerung	2,4 %

### 2.8.1 Variante 001: 1= Wärmedämmverbundsystem

Nach Durchführung der Maßnahmen dieser Variante ist zu erwarten:

#### Ergebnis der Variante 001:

Gesamtinvestition in das Paket	41.809	€
jährliche Energiekosten	30.329	€/Jahr
jährliche Einsparungen	2.726	€/Jahr
neuer Energieeinsatz:	329.987	kWh
Einsparung:	35.175	kWh, das entspricht 10 %
Nutzungsdauer:	ca. 40	Jahre
Kapitalwert der Maßnahmen	74.119	€*)
Amortisation	16	Jahre

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

### 2.8.2 Variante 002: 2= Fensteraustausch

Nach Durchführung der Maßnahmen dieser Variante ist zu erwarten:

#### Ergebnis der Variante 002:

Gesamtinvestition in das Paket	111.854	€
jährliche Energiekosten	29.017	€/Jahr
jährliche Einsparungen	4.039	€/Jahr
neuer Energieeinsatz:	312.834	kWh
Einsparung:	52.327	kWh, das entspricht 14 %
Nutzungsdauer:	ca. 25	Jahre
Kapitalwert der Maßnahmen	46.565	€*)
Amortisation	15	Jahre

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

### 2.8.3 Variante 003: 3= Dämmung Nebendach Umkleiden

Nach Durchführung der Maßnahmen dieser Variante ist zu erwarten:

#### Ergebnis der Variante 003:

Gesamtinvestition in das Paket	27.994	€
jährliche Energiekosten	31.610	€/Jahr
jährliche Einsparungen	1.445	€/Jahr
neuer Energieeinsatz:	346.513	kWh
Einsparung:	18.648	kWh, das entspricht 5 %
Nutzungsdauer:	ca. 30	Jahre
Kapitalwert der Maßnahmen	16.970	€*)
Amortisation	20	Jahre

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

## 2.8.4 Variante 004: 4= Gesamtpaket aus 1 bis 3

Nach Durchführung der Maßnahmen dieser Variante ist zu erwarten:

### Ergebnis der Variante 004:

Gesamtinvestition in das Paket	181.656	€
jährliche Energiekosten	24.930	€/Jahr
jährliche Einsparungen	8.125	€/Jahr
neuer Energieeinsatz:	260.108	kWh
Einsparung:	105.053	kWh, das entspricht 29 %
Nutzungsdauer:	ca. 29	Jahre
Kapitalwert der Maßnahmen	117.101	€*)
Amortisation	16	Jahre

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

## 2.9 Vergleich der Varianten

### 2.9.1 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	316.983	24.383	48.178	8.672
1= Wärmedämmverbundsystem	282.009	21.693	47.978	8.636
2= Fensteraustausch	264.786	20.368	48.048	8.649
3= Dämmung Nebendach Umkleiden	298.441	22.957	48.073	8.653
4= Gesamtpaket aus 1 bis 3	212.362	16.336	47.747	8.594

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

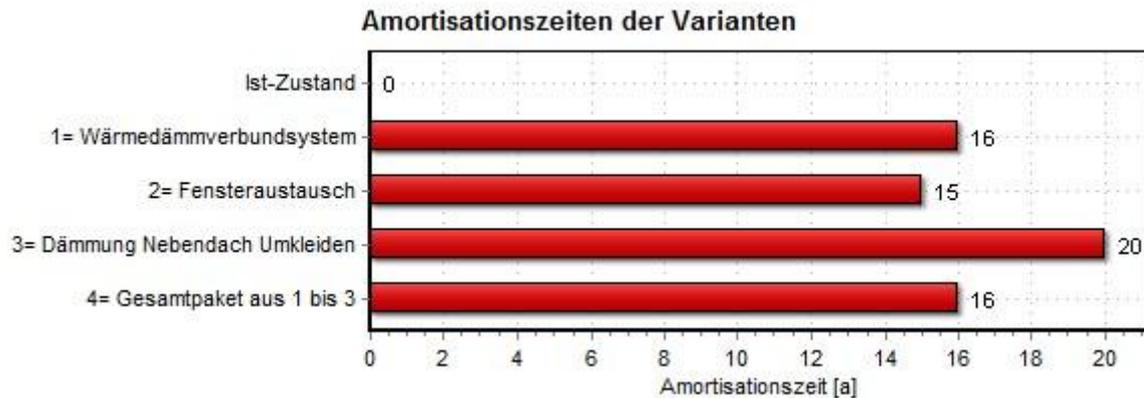
Variante	Gesamt-Investition*)	Netto-Investition**)	Sowieso-Investition	Förderung	jährliche Einsparung	Amortis.-zeit	Kapitalwert
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[Jahre]	[€]
1= Wärmedämmverbundsystem	41.809	41.809	0	0	2.726	16	74.119
2= Fensteraustausch	111.854	56.854	55.000	0	4.039	15	46.565
3= Dämmung Nebendach Umkleiden	27.994	27.994	0	0	1.445	20	16.970
4= Gesamtpaket aus 1 bis 3	181.656	126.656	55.000	0	8.125	16	117.101

\*) inkl. ohnehin notwendiger Investitionen

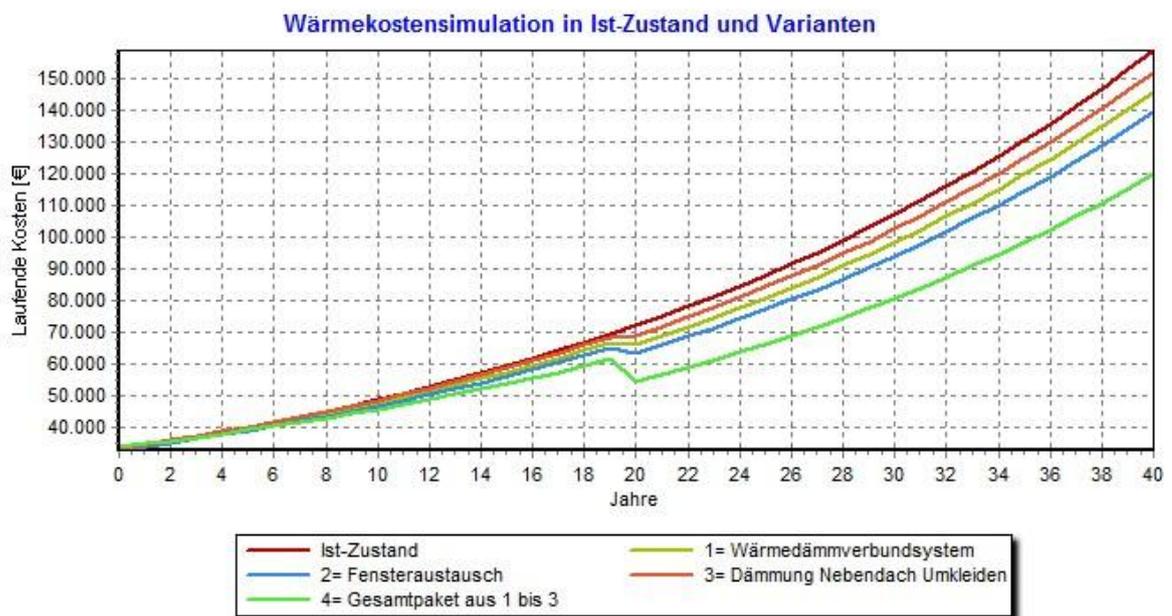
\*\*) abzgl. ohnehin notwendiger Investitionen und abzüglich evtl. Förderung

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 %

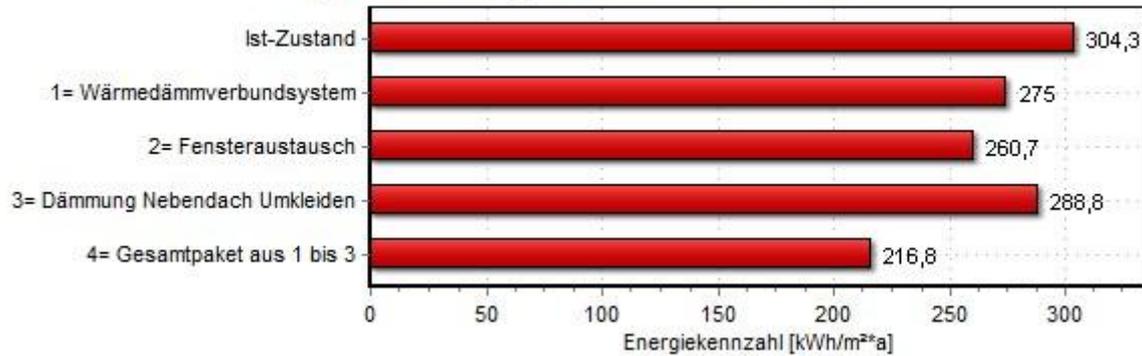
**Annahmen für die Finanzierung der Varianten:**

- Variante 1= Wärmedämmverbundsystem: über Kredit mit einer Laufzeit von 20 Jahren
- Variante 2= Fenster austausch: über Kredit mit einer Laufzeit von 20 Jahren
- Variante 3= Dämmung Nebendach Umkleiden: über Kredit mit einer Laufzeit von 20 Jahren
- Variante 4= Gesamtpaket aus 1 bis 3: über Kredit mit einer Laufzeit von 20 Jahren

## 2.9.2 Energetische Betrachtung der Varianten

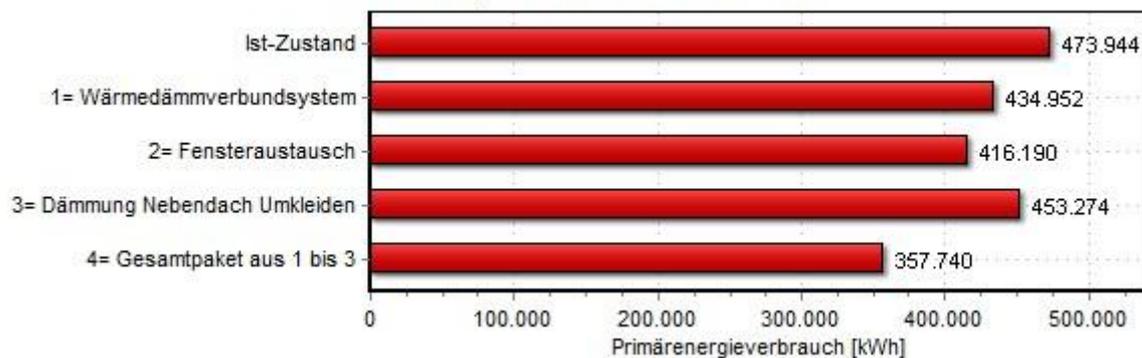
Die energetische Verbesserung wurde anhand der Kennzahl für die Endenergie (Energiekennzahl) beurteilt. Diese kann in den einzelnen Varianten wie folgt verbessert werden.

**Vergleich der Energiekennzahlen der Varianten**

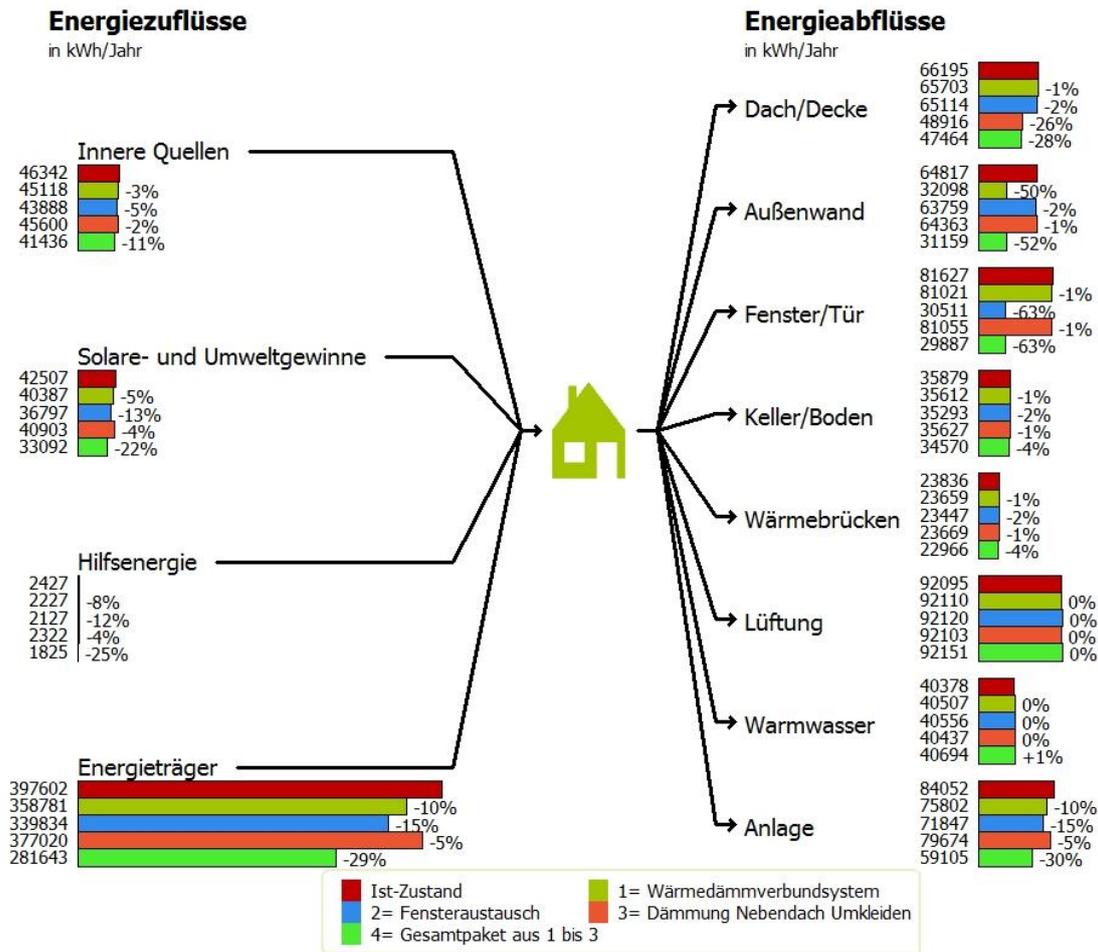


Die folgende Grafik zeigt Ihnen einen Vergleich der Primärenergie-Werte der Varianten:

**Primärenergieverbrauch der Varianten**



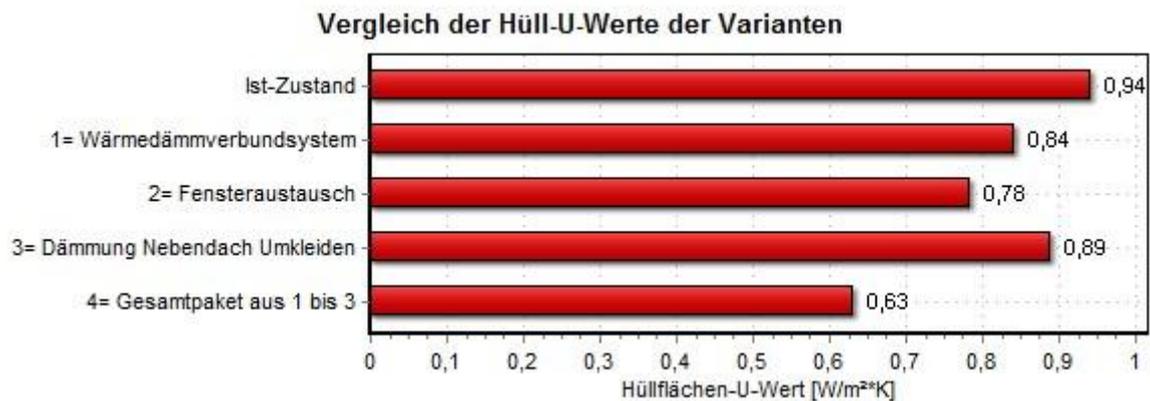
Die folgende Grafik zeigt Ihnen die Energieflüsse im Ist-Zustand und in den Varianten



© ENVISYS - DIN V 18599 angepasst

### 2.9.3 Verbesserung der Gebäudehülle in den Varianten

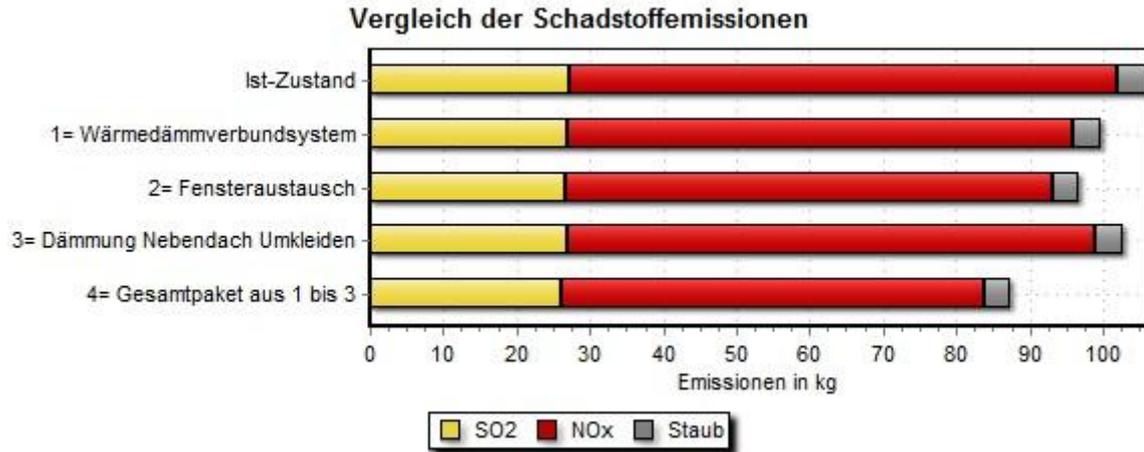
Die folgende Grafik zeigt Ihnen einen Vergleich der U-Werte der Varianten:



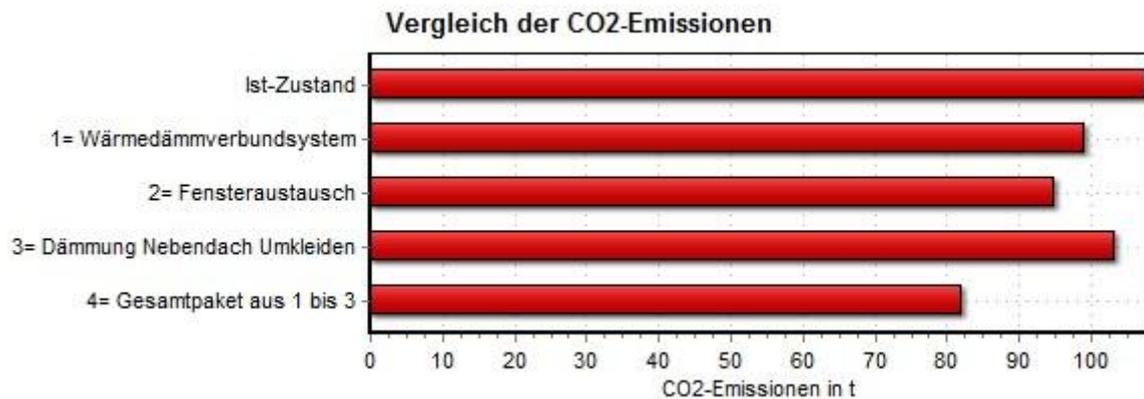
### 2.9.4 Ökologische Betrachtung der Varianten

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

### **3 Anhang: Ergänzende Angaben**

In den folgenden Abschnitten finden Sie detaillierte Angaben sowie Berechnungsergebnisse zu dem vorliegenden Objekt Turnhalle 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 **Turnhalle 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 Tag	jährl. Nutzungsstunden Nacht	tägl. Betriebsstunden RLT, Kühlung	jährl. Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung	tägl. Betriebsstunden Heizung	Wartungswert Beleuchtungsstärke	Höhe Nutzebene	Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	Relative Abwesenheit	Raumindex	Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	Feuchteanforderung	Mindestaußenluftvolumenstrom	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>	Wh/m <sup>2</sup> d
Turnhalle / Bühnenanbau und Nebenräume	08:00	22:00	14	300	3.000	1.200	16	300	16	300	0,0	1,0	0,3	2,0	1,0	-	0,6	60	0

### 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 Turnhalle / Bühnenanbau und Nebenräume</b>					
Bodenplatte Sporthalle und Nebenräume	nach unten	1,00	918,6	918,6	0,25
Fußboden Anbau 1983 zu Keller	nach unten	0,72	123,7	88,6	0,55
Fußboden Anbau 1983 zu Erdreich	nach unten	0,82	370,8	302,6	0,35
Dach Sporthalle und Nebenräume, Geräte und Heizung+ Lehrschwimmbad	nach oben	0,29	353,8	102,0	1,00
Dach Anbau Sporthalle mit Nebenräumen und Bühne	nach oben	0,37	814,5	305,1	1,00
Dach Sporthalle Nebenräume Umkleiden/Duschen	nach oben	1,03	233,3	240,6	1,00
Außenwand Nord Sporthalle	seitlich	1,40	25,6	35,8	1,00
Außenwand Süd Sporthalle	seitlich	1,40	16,8	23,5	1,00
Außenwand West Sporthalle	seitlich	1,40	144,1	201,8	1,00
Außenwand Ost Sporthalle	seitlich	1,40	132,7	185,8	1,00
Außenwände Sporthalle Nord gedämmt	seitlich	0,45	102,1	45,7	1,00
Außenwände Sporthalle Ost gedämmt	seitlich	0,45	47,1	21,1	1,00
Außenwände Sporthallenanbau 1983 Nord	seitlich	0,56	7,5	4,2	1,00
Wände Sporthallenanbau 1983 Süd	seitlich	0,56	117,2	66,2	1,00
Wände Sporthallenanbau 1983 West	seitlich	0,56	102,7	58,0	1,00
Wände Sporthallenanbau 1983 Ost	seitlich	0,56	89,6	50,6	1,00
Alufenster Nord	Fenster/Tür	4,30	12,4	53,4	1,00
Alufenster Süd	Fenster/Tür	4,30	5,2	22,3	1,00
Alufenster West	Fenster/Tür	4,30	100,8	433,6	1,00
Alufenster Ost	Fenster/Tür	4,30	79,0	339,7	1,00
Außentüren Alu West	Fenster/Tür	4,30	11,8	50,6	1,00
Außentüren Alu Ost	Fenster/Tür	4,30	5,0	21,6	1,00
Kunststofffenster isolierverglast Ost	Fenster/Tür	3,00	5,9	17,8	1,00
Außentüren Alu Nord	Fenster/Tür	4,30	2,4	10,4	1,00

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

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

Bauteilkategorie	durchschn. U-Wert	Fläche	Wärmeverlust
	[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> ]	[kWh/a]
untere Abgrenzung	0,93	1.413,2	38.287
obere Abgrenzung	0,46	1.401,6	70.638
seitliche Abgrenzung	0,88	785,5	69.168
Fenster/Tür	4,27	222,6	87.106
Wärmebrücken	0,10	3.822,8	25.436

#### **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/m²K]	Anforderung EnEV <sup>1)</sup>	
			max. U-Wert [W/m²K]	Status
Dach Sporthalle und Nebenräume, Geräte und Heizung+ Lehrschwimmbad	Detail-D.1	0,288	0,200	-
Dach Anbau Sporthalle mit Nebenräumen und Bühne	Detail-D.2	0,375	0,200	-
Dach Sporthalle Nebenräume Umkleiden/Duschen	Detail-D.3	1,032	0,200	-
Bodenplatte Sporthalle und Nebenräume	Detail-K.1	1,000	0,500	-
Fußboden Anbau 1983 zu Keller	Detail-K.2	0,717	0,300	-
Fußboden Anbau 1983 zu Erdreich	Detail-K.3	0,816	0,500	-
Außenwand Nord Sporthalle	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Außenwand Süd Sporthalle	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Außenwand West Sporthalle	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Außenwand Ost Sporthalle	Detail-W.1	1,400	0,240	-
Außenwände Sporthalle Nord gedämmt	Detail-W.2	0,448	0,240	-
Außenwände Sporthalle Ost gedämmt	Detail-W.2	0,448	0,240	-
Außenwände Sporthallenanbau 1983 Nord	Detail-W.3	0,565	0,240	-
Wände Sporthallenanbau 1983 Süd	Detail-W.3	0,565	0,240	-
Wände Sporthallenanbau 1983 West	Detail-W.3	0,565	0,240	-
Wände Sporthallenanbau 1983 Ost	Detail-W.3	0,565	0,240	-
Alufenster Nord	Detail-F.1	4,300	1,300	-
Alufenster Süd	Detail-F.1	4,300	1,300	-
Alufenster West	Detail-F.1	4,300	1,300	-
Alufenster Ost	Detail-F.1	4,300	1,300	-
Außentüren Alu West	Detail-F.2	4,300	2,900	-
Außentüren Alu Ost	Detail-F.2	4,300	2,900	-
Kunststofffenster isolierverglast Ost	Detail-F.3	3,000	1,300	-
Außentüren Alu Nord	Detail-F.2	4,300	2,900	-

<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

- Dach Sporthalle und Nebenräume Geräte und Heizung+ Lehrschwimmbecken

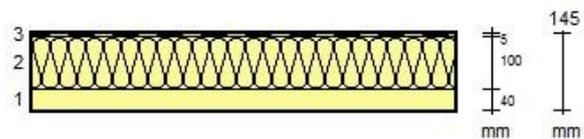
##### 4.2.1.1.1 Wärmeschutz

Dicke in cm:

14,5

### Dach Sporthalle

Oberseite (außen)



1: Dämmkorkplatte  
 2: Polystyrolschaum  
 3: Abdichtung

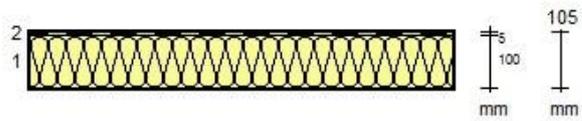
Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]	
1	Dämmkorkplatte	100	4,00	4,00	0,050	0,80	
2	Polystyrolschaum	25	10,00	2,50	0,040	2,50	
3	Abdichtung	1.320	0,50	6,60	0,170	0,03	
<b>Summe:</b>							<b>3,33</b>
						R <sub>innen</sub> :	0,10
						R <sub>außen</sub> :	0,04
						R <sub>T</sub> :	<b>3,47</b>
						U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>0,29</b>

#### 4.2.1.2 Detail-D.2

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Dach Anbau Sporthalle mit Nebenräumen und Bühne

##### 4.2.1.2.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 10,5 **Anbau Sporthalle / Bühne**  
 Oberseite (außen)



1: Polystyrolschaum  
 2: Abdichtung

Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]	
1	Polystyrolschaum	25	10,00	2,50	0,040	2,50	
2	Abdichtung	1.320	0,50	6,60	0,170	0,03	
<b>Summe:</b>			<b>10,50</b>	<b>9,10</b>		<b>2,53</b>	
						R <sub>innen</sub> :	0,10
						R <sub>außen</sub> :	0,04
						R <sub>T</sub> :	<b>2,67</b>
						U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>0,38</b>

### 4.2.1.3 Detail-D.3

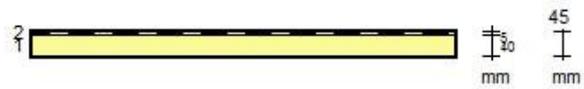
Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Dach Sporthalle Nebenräume Umkleiden/Duschen

#### 4.2.1.3.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 4,5

### Dach Sporthalle Nebenräume Umkleiden

Oberseite (außen)



- 1: Dämmkorkplatte
- 2: Abdichtung

Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]	
1	Dämmkorkplatte	100	4,00	4,00	0,050	0,80	
2	Abdichtung	1.320	0,50	6,60	0,170	0,03	
<b>Summe:</b>			<b>4,50</b>	<b>10,60</b>		<b>0,83</b>	
						R <sub>innen</sub> :	0,10
						R <sub>außen</sub> :	0,04
						R <sub>T</sub> :	<b>0,97</b>
						U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>1,03</b>

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

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

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
- Bodenplatte Sporthalle und Nebenräume

#### 4.2.2.1.1 Wärmeschutz

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

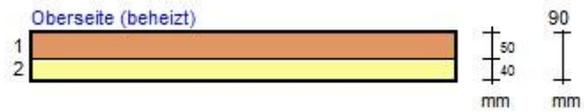
#### 4.2.2.2 Detail-K.2

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Fußboden Anbau 1983 zu Keller

##### 4.2.2.2.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 9,0

#### Fußboden Anbau 1983



1: Gussasphaltestrich  
 2: Trittschalldämmung

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	Gussasphaltestrich	2.300	5,00	115,00	0,900	0,06
2	Trittschalldämmung	25	4,00	1,00	0,040	1,00
	<b>Summe:</b>		<b>9,00</b>	<b>116,00</b>		<b>1,06</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,17
					R <sub>außen</sub> :	0,17
					R <sub>T</sub> :	<b>1,40</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>0,72</b>

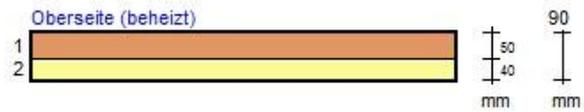
### 4.2.2.3 Detail-K.3

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Fußboden Anbau 1983 zu Erdreich

#### 4.2.2.3.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 9,0

### Fußboden Anbau 1983



1: Gussasphaltestrich  
 2: Trittschalldämmung

Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]
1	Gussasphaltestrich	2.300	5,00	115,00	0,900	0,06
2	Trittschalldämmung	25	4,00	1,00	0,040	1,00
	<b>Summe:</b>		<b>9,00</b>	<b>116,00</b>		<b>1,06</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,17
					R <sub>außen</sub> :	0,00
					R <sub>T</sub> :	<b>1,23</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>0,82</b>

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

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

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Außenwand Nord Sporthalle
- Außenwand Süd Sporthalle
- Außenwand West Sporthalle
- Außenwand Ost Sporthalle

##### 4.2.3.1.1 Wärmeschutz

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

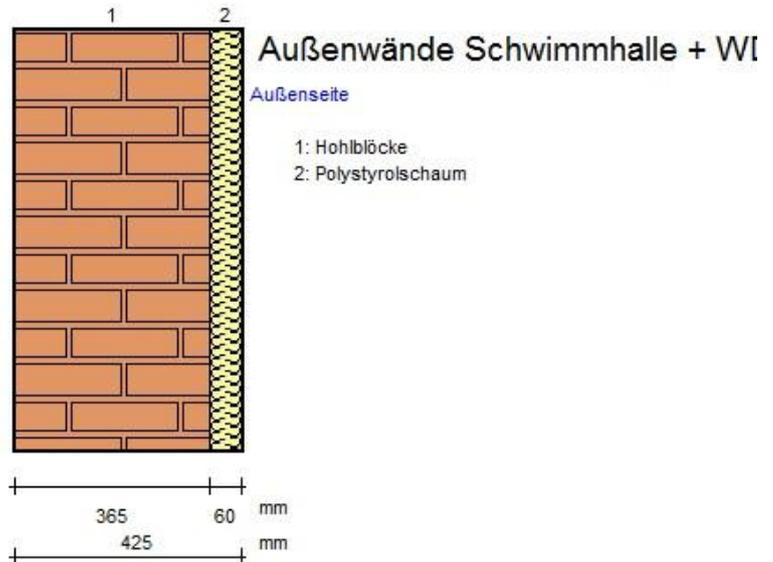
#### 4.2.3.2 Detail-W.2

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Außenwände Sporthalle Nord gedämmt  
 - Außenwände Sporthalle Ost gedämmt

##### 4.2.3.2.1 Wärmeschutz

Dicke in cm:

42,5



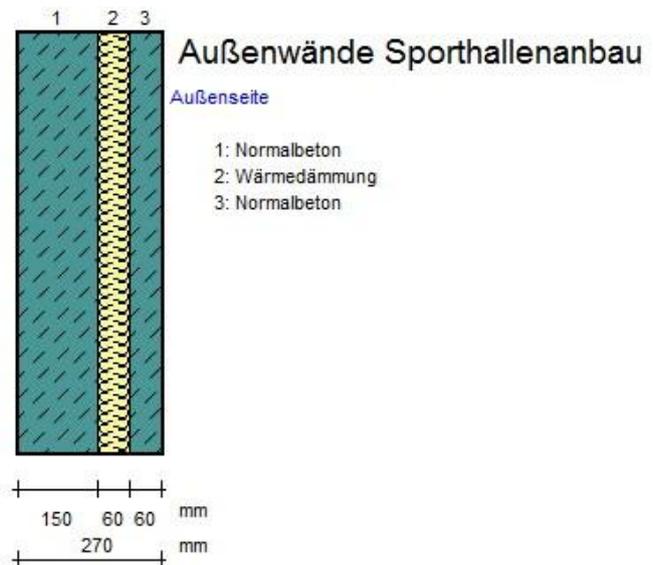
Nr.	Schicht	Rohdichte [kg/m³]	Schichtdicke [cm]	Flächengewicht [kg/m²]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	R <sup>2)</sup> [m²K/W]
1	Hohlblöcke	1.400	36,50	511,00	0,650	0,56
2	Polystyrolschaum	25	6,00	1,50	0,040	1,50
	<b>Summe:</b>		<b>42,50</b>	<b>512,50</b>		<b>2,06</b>
					R <sub>innen</sub> :	0,13
					R <sub>außen</sub> :	0,04
					R <sub>T</sub> :	<b>2,23</b>
					U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ):	<b>0,45</b>

### 4.2.3.3 Detail-W.3

- Dieses Detail gilt für folgende Bauteile
- Außenwände Sporthallenanbau 1983 Nord
  - Wände Sporthallenanbau 1983 Süd
  - Wände Sporthallenanbau 1983 West
  - Wände Sporthallenanbau 1983 Ost

#### 4.2.3.3.1 Wärmeschutz

Dicke in cm: 27,0



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	15,00	345,00	2,100	0,07
2	Wärmedämmung	25	6,00	1,50	0,040	1,50
3	Normalbeton	2.300	6,00	138,00	2,100	0,03
<b>Summe:</b>						<b>1,60</b>
						R <sub>innen</sub> : 0,13
						R <sub>außen</sub> : 0,04
						R <sub>T</sub> : 1,77
						U-Wert (1 / R <sub>T</sub> ): <b>0,56</b>

## 4.2.4 Fensterkonstruktionen

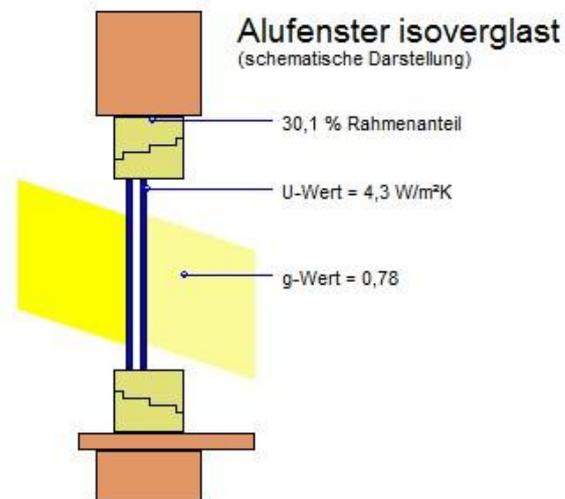
### 4.2.4.1 Detail-F.1

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Alufenster Nord
- Alufenster Süd
- Alufenster West
- Alufenster Ost

#### 4.2.4.1.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,78



Rahmenanteil in %: 30,1

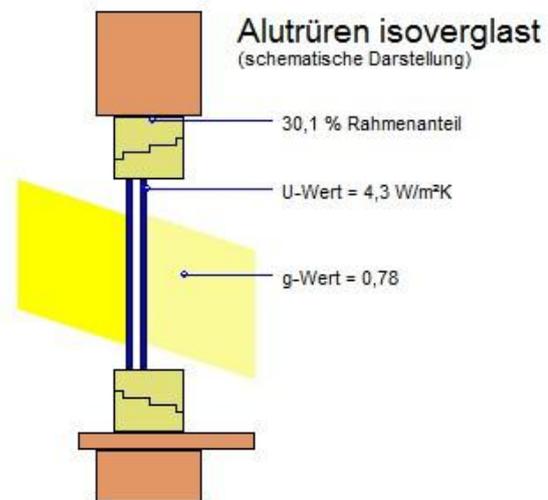
#### 4.2.4.2 Detail-F.2

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile

- Außentüren Alu West
- Außentüren Alu Ost
- Außentüren Alu Nord

##### 4.2.4.2.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,78



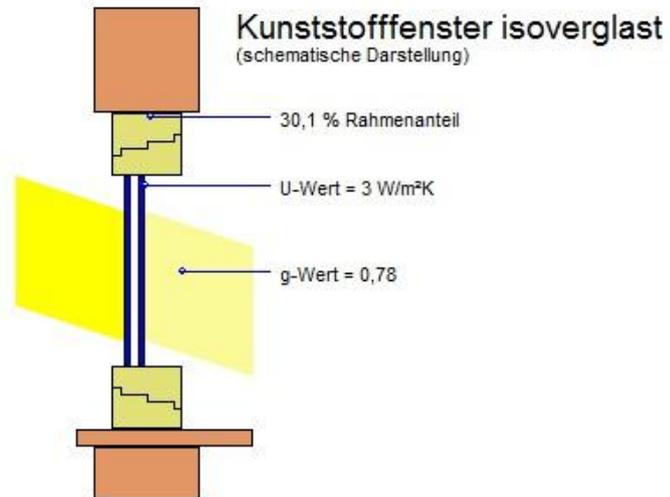
Rahmenanteil in %: 30,1

#### 4.2.4.3 Detail-F.3

Dieses Detail gilt für folgende Bauteile  
 - Kunststofffenster isolierverglast Ost

##### 4.2.4.3.1 Wärmeschutz

g-Wert: 0,78



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
Schwimmhalle	208,86	17,76	11,76	0,00	17,76	3,75	3,00	Alufenster Nord	0,82
Wasch und Duschräume Ost	105,58	17,28	6,11	0,00	17,28	2,75	2,00	Kunststofffenster isolierverglast Ost	0,82
WC Bereiche Ost und Umkleide Lehrer	29,02	8,74	3,32	0,00	8,74	2,75	2,00	Kunststofffenster isolierverglast Ost	0,82
Technik West	75,28	14,76	5,10	0,00	14,76	3,45	0,80	Alufenster West	0,82
Sporthalle	290,88	24,24	12,00	0,00	24,24	5,90	3,60	Alufenster West	0,82
Kleiner Saal/Bühne	186,12	15,01	12,40	0,00	8,78	5,90	3,60	Alufenster West	0,82
Essensausgabe Bühne	67,32	13,20	5,10	0,00	6,58	2,21	0,00	Außentüren Alu West	0,82
Küche	25,00	5,00	5,00	0,00	5,00	2,20	1,25	Alufenster West	0,82
Vorbereitungsräume Ost/ Bühne	66,00	11,00	6,00	0,00	11,00	2,40	1,00	Alufenster Ost	0,82
Räume hinter Bühne	54,95	15,70	3,50	0,00	6,18	2,20	1,36	Alufenster Süd	0,82

## 5 Berechnungsergebnisse

### 5.1 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	280.607	233,8	311.474	259,6
für Trinkwassererwärmung	36.376	30,3	40.378	33,6
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>316.983</b>	<b>264,2</b>	<b>351.851</b>	<b>293,2</b>
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>348.681</b>	<b>290,6</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	1.930	1,6	1.930	1,6
für Trinkwassererwärmung	496	0,4	496	0,4
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	45.751	38,1	45.751	38,1
für Hilfsgeräte	0	0,0	0	0,0
<b>Endenergie gesamt</b>	<b>48.178</b>	<b>40,1</b>	<b>48.178</b>	<b>40,1</b>
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>125.263</b>	<b>104,4</b>		

## **Handlungsempfehlungen und Prioritätenliste:**

### **Kurzfristig:**

- Sensibilisierung der Nutzer auf energiesparenden Umgang mit dem Gebäude

### **Mittelfristig:**

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

### **Langfristig:**

- Dämmung der Außenwände im Bereich Gebäude 1965
- Erneuerung veralteter Fenster im Bereich Gebäude 1965 und Anbau 1983
- Zusätzliche Dämmung des Flachdaches über den Umkleide- und Duschbereichen