



Ingenieurbüro Schellingstraße 4/2  
D-72072 Tübingen  
Telefon 0 70 71 93 94 0  
Telefax 0 70 71 93 94 99  
mail@eboek.de  
[www.eboek.de](http://www.eboek.de)

# Energiekonzept Wärmedämmung an der Gebäudehülle

## GHS Oberzell - Schussentalhalle

Erstellt im:	August 2007
im Auftrag von:	Ortsverwaltung Taldorf
Projektleitung:	Dipl.-Ing(FH) Wolfgang Menz
Inhaltliche Bearbeitung:	Patrick Haas Dipl.-Ing(FH) Wolfgang Menz



## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Darstellung des Ist-Zustandes</b> .....	<b>3</b>
2.1 Datenerhebung .....	3
2.2 Gebäude- und Nutzungsbeschreibung.....	3
2.3 Objektanalyse .....	4
2.3.1 Bausubstanz.....	4
2.4 Energiebilanz .....	7
2.4.1 Energiebilanz Schulgebäude .....	7
2.4.2 Energiebilanz Schussentahalle .....	9
<b>3 Bauliche Maßnahmen Schulgebäude</b> .....	<b>10</b>
3.1 Wärmeschutzvarianten .....	10
3.2 Zusammenfassung .....	11
3.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	12
3.4 Empfehlungen für das Schulgebäude .....	14
<b>4 Bauliche Maßnahmen Schussentahalle</b> .....	<b>15</b>
4.1 Wärmeschutzvarianten .....	15
4.2 Zusammenfassung .....	17
4.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	17
4.4 Empfehlungen für die Schussentahalle .....	19
<b>5 Förderungen</b> .....	<b>20</b>
<b>6 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>20</b>

## Anhang



# 1 Zusammenfassung

Für die Grund- und Hauptschule Oberzell und die Schussentalthalle soll gemäß dem Auftrag vom 4.8.2007 ein Konzept zur Heizenergieeinsparung durch Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle erstellt werden.

Hierzu wurde auf Basis des derzeitigen energetischen Zustands der Gebäude die erforderliche Heizlast abgeschätzt. Grundlage bildeten die bei einer Ortsbegehung erhobene Daten und vorhandene Unterlagen.

Im Wesentlichen erfolgen die Angaben für das neuere Schulgebäude und die Schussentalthalle. Für das alte Schulgebäude, das schon durch ein Wärmedämmverbundsystem wärmetechnisch verbessert wurde und teilweise neue wärmedämmende Fenster mit Beschichtung vorhanden sind, erfolgen keine weiteren konkreten Vorgaben.

Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten wurden Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle ausführlicher untersucht:

Die Maßnahmen am Schulgebäude sind im Bereich aus dem Jahr 1963 (Fassade, Dach und Fenster, soweit nicht schon ausgetauscht) durchgehend vorzunehmen. Bei der Erweiterung aus dem Jahr 1989 sind begleitende Maßnahmen sinnvoll bzw. auf die künftigen Sanierungsintervalle zu beschränken.

Das Schulgebäude aus dem Jahr 1934 sollte im Bereich der alten Fenster und im Dach wärmetechnisch verbessert werden.

Wärmetechnische Maßnahmen an der Schussentalthalle sind allein aus energetischen Gründen unwirtschaftlich. Hier sind gesondert die Verbesserung der Behaglichkeit, Ertüchtigung der Bauteilkonstruktion sowie der üblichen Sanierungsintervalle zur Verringerung der Heizenergiebedarfs heranzuziehen.

Tabelle 1.1: Überblick über bauliche Maßnahmen GHS Oberzell

Endenergiebedarf (rechnerisch, ist)	Altbau 1934	Gebäude 1963 und 1989	Summe
Endenergiebedarf Heizung	100.000 kWh	280.000 kWh	380.000 kWh
Endenergiekennwert Heizung	103 kWh /m <sup>2</sup> a	164 kWh /m <sup>2</sup> a	-
Maßnahmen		Energieeinsparungen Brennstoffbedarf	
BM1(1): Austausch alte Fenster 1963 : zusätzlich Austausch Fenster 1989		9.500 kWh/a 12.800 kWh/a	3,7 % 5,2 %
BM1(2): Fensteraustausch Gymnastikhalle (Alurahmen)		3.200 kWh/a	1,4 %
BM1(3): Fensteraustausch Einfachverglasung Windfang		2.300 kWh/a	1,0 %
BM2: Wärmedämmverbundsystem Außenwand 1963 Wärmedämmverbundsystem Außenwand 1989		42.400 kWh/a 9.100 kWh/a	18,6 % 4,9 %
BM3: Dachdämmung Dach 1963 Dachdämmung Dach 1989		31.200 kWh/a 2.600 kWh/a	17,8 % 1,8 %
<b>Summe</b>		<b>113.100 kWh/a</b>	<b>44 %</b>
Energiebedarf nach Durchführung der Maßnahmen:		225.000 kWh/a	56 %

Tabelle 1.2: Energieeinsparpotenzial durch bauliche Maßnahmen, Schussentahalle

Endenergiebedarf (rechnerisch, ist)	Schussentahalle		
Endenergiebedarf Heizung	312.000 kWh		
Endenergiekennwert Heizung	182 kWh /m <sup>2</sup> a		
Maßnahmen		Energieeinsparungen Brennstoffbedarf	
BM1(1): Austausch Metallfenster in Klassenzimmer	1.600 kWh/a	0,6 %	
BM1(2): Fensteraustausch Sporthalle	14.100 kWh/a	5,4 %	
BM2: Wärmedämmverbundsystem Außenwand	32.200 kWh/a	12,4 %	
BM3: Dachdämmung	16.900 kWh/a	6,5 %	
<b>Summe</b>	<b>64.800 kWh/a</b>	<b>24,9 %</b>	
Energiebedarf nach Durchführung der Maßnahmen:	195.200 kWh/a	75,1 %	

## 2 Darstellung des Ist-Zustandes

### 2.1 Datenerhebung

Als Basis für die Datenerhebung dienten

- § Planunterlagen
- § ein Ortstermin am 26.07.2007 und am 08.08.2007.

Die Unterlagen wurden durch die Ortsverwaltung zur Verfügung gestellt.

Beim Ortstermin bestand Gelegenheit zur Besichtigung des gesamten Gebäudes.

Die Beurteilung der Bausubstanz basiert auf den vorliegenden Plänen und auf der Vor-Ort-Begehung. Bei fehlenden exakten Daten (z.B. zu Details der Hüllflächen-Bauteilaufbauten) wurden diese durch Erfahrungswerte entsprechend der Baualterklasse ergänzt. Für die Beurteilung des energetischen Zustandes sind sie trotz der geringen verbleibenden Unsicherheiten hinreichend.

### 2.2 Gebäude- und Nutzungsbeschreibung

Die Grund- und Hauptschule Oberzell besteht aus zwei Gebäuden. Das alte Gebäude aus den 1930er Jahren weist im Untergeschoss Werkräume, im Erdgeschoß Räume für die Schulleitung, Lehrerzimmer und ein Klassenzimmer auf. Im Ober- und Dachgeschoss ist vorrangig Wohnnutzung vorhanden. Das Gebäude wurde in den 90er Jahren mit einem Wärmedämmverbundsystem versehen. Teilweise sind hier schon neuere Fenster eingebaut.

Das neuere Schulgebäude mit Klassenzimmern und einer kleinen Sporthalle wurde 1963 errichtet und 1989 mit weiteren Klassenräumen vergrößert. Teilweise erfolgten hier schon Austausch der Fenster mit verbesserter wärmetechnischer Qualität.

Die Schussenthalhalle wurde in den 70er Jahren erbaut. Die Nutzung ist als Sporthalle für die Schule sowie Festveranstaltungen gegeben. Im Untergeschoss wird ein als Jugendraum bezeichneter Bereich als weiterer Klassenraum der Schule genutzt. Im Gebäude erfolgten in den vergangenen Jahren Erweiterungen und Sanierungen. Wesentlich ist hier der Eingangsbereich und der Proberaum neu gestaltet worden. Derzeit wird die Attika der Halle durch Austausch der alten Wärmedämmung mit dickeren Dämmstoffschichten und neue Bekleidung saniert.

## 2.3 Objektanalyse

### 2.3.1 Bausubstanz

Die Beurteilung der Bausubstanz basiert auf den vorliegenden Plänen und auf der Vor-Ort-Begehung. Daten, die nicht eindeutig zu ermitteln waren, wurden durch Annahmen entsprechen der Baualtersklasse ergänzt. Für die Beurteilung des energetischen Zustands sind diese trotz der geringen verbleibenden Unsicherheiten hinreichend genau.

#### **Schulgebäude 1934**

Die Fassade wurde 1999 mit einem mineralischen Wärmedämmverbundsystem, vermutlich 8 cm Dämmstoffdicke, versehen. Die Fenster sind teilweise neu, jedoch ohne wärmetechnische verbessernde Maßnahmen. Die Wärmedämmung im Dachbereich konnte nicht ermittelt werden.

#### **Schulgebäude 1963 mit Erweiterung 1989**

Die Außenwand im älteren Bereich besteht vermutlich aus Betonhohlblocksteinen oder einer anderen wärmetechnischen gleichen Qualität. Im Baujahr 1989 sind vermutlich Leichthochlochziegel, z.B. Poroton, verwendet worden. In der Kellerdecke bzw. Boden gegen Erdreich sowie im Dach werden die zum Zeitpunkt der Erstellung üblichen Dämmqualitäten berücksichtigt. Die Fenster mit Isolierverglasung wurden entsprechend den Bezeichnungen im Glasrandverbund sowie mit der Prüfung, ob eine wärmetechnisch verbessernde Beschichtung im Glas vorliegt, aufgenommen.

#### **Schussentahalle**

Die massiven Außenbauteile bestehen aus durchgehenden Stahlbetonstützen und Ausfachungen mit vermutlich Ziegel. Der Boden gegen Erdreich bzw. die Kellerdecke wird der Baualtersklasse entsprechend gedämmt sein. Das Dach mit Extensivbegrünung besteht aus einer Trapezblechschale mit vermutlich 10 cm Dämmstoffdicke und abgehängter Akustikdecke mit ca. 80 cm Abhängehöhe. Bei dem begrün-ten Dach ist unklar ob die vorliegenden Abdichtung mit Bitumenschweißbahnen und oberseitiger Beschieferung ausreichend wurzelschutzfest ist. Auf der Abdichtung ist eine PE-Folie, die nach heutigen Erkenntnissen keinen ausreichend Wurzelschutz darstellt, weil an den Stößen die Wurzeln gut eindringen können.

Bei den Fenstern handelt es sich um Isolierglasfenster mit thermisch nicht getrennten Metallrahmen entsprechend des Baualters. Teilweise sind Fenster schon erneuert, die dann thermisch getrennte Metallrahmen und Wärmeschutzverglasung aufweisen.

Tabelle 2.1: Energierelevante Bauteile und ihr physikalischen Werte, GHS Oberzell

Bauteil	Beschreibung	U-Wert <sup>1</sup> [W/m <sup>2</sup> K]	g-Wert <sup>2</sup> [ - ]
Gebäude Baujahr 1934			
Außenwand	UG: Beton EG: Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem	3,00 0,37	./.
Fußboden	Bodenplatte ohne Wärmedämmung	3,00	./.
Dach	Schrägdach mit vermutlich 10 cm Glaswolle	0,55	./.
Fenster	Isolierglasfenster in Holzrahmen teilweise mit Wärmeschutzverglasung	2,60 1,50	0,76 0,60
Neueres Gebäude, Bauabschnitt I 1963			
Außenwand	UG: Beton EG + OG: 30 cm Hohlblockmauerwerk	3,00 1,40	./.
Fußboden	Bodenplatte geringfügig gedämmt	1,00	./.
Dach	Massivdecke mit vermutlich 4 cm Wärmedämmung	1,00	./.
Fenster	Isolierglasfenster in Holzrahmen teilweise mit Wärmeschutzverglasung Isolierglasfenster in thermisch nicht getrennten Metallrahmen Wärmeschutzverglasung in thermisch getrennten Metallrahmen	2,60 1,50 3,80 1,90	0,76 0,60 0,76 0,60
Neueres Gebäude, Bauabschnitt II 1989			
Außenwand	EG + OG: 30 cm Leichthochlochziegel	0,60	./.
Fußboden	Bodenplatte geringfügig gedämmt	0,60	./.
Dach	Massivdecke mit vermutlich 10 cm Wärmedämmung	0,40	./.
Fenster	Siehe Bauabschnitt I		

<sup>1</sup> U-Wert: Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils nach DIN 4108 in W/(m<sup>2</sup>K)

<sup>2</sup> g-Wert: Gesamtenergie-Durchlassgrad bei Verglasungen

Tabelle 2.2: Energierelevante Bauteile und ihre physikalischen Werte, Schussentahalle

Bauteil	Beschreibung	U-Wert <sup>3</sup> [W/m <sup>2</sup> K]	g-Wert <sup>4</sup> [ - ]
Außenwand	UG: Beton	3,00	./.
	EG + OG: Betonstützen mit Ziegelausfachung, mittl. Wert	1,00	
Fußboden	Bodenplatte geringfügig gedämmt	1,00	./.
Dach	Trapezblechtragschale, vermutlich 8 cm Wärmedämmung und abgehängter Decke	0,43	./.
Fenster	Isolierglasfenster in thermisch nicht getrennten Metallrahmen	4,30	0,76
	Wärmeschutzverglasung in thermisch getrennten Metallrahmen	1,90	0,60
Sonst. Bauteile	Oberlichter, Tore, Außentüren	3,5	./.

Ein Vergleich der berechneten Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile mit den Anforderungen an die U-Werte nach der Energieeinsparverordnung 2007 zeigt teilweise beträchtliche Abweichungen.

Tabelle 2.3: Typische U-Werte für verschiedene energetische Standards im Vergleich zu den U-Werten der wichtigsten Bauteile des betrachteten Gebäudes

Bauteil	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> K)	Mindestanford. an den U-Wert nach EnEV <sup>5</sup> in W/(m <sup>2</sup> K)	Niedrigenergie- haus-Standard (Größenordnung) in W/(m <sup>2</sup> K)	Passivhaus- Standard (Größenordnung) in W/(m <sup>2</sup> K)
Außenwand	0,57 bis 1,88	0,35	0,15 - 0,20	0,10 - 0,13
Dach (Flachdach)	0,35 / 0,37	0,25	0,15 – 0,20	0,10 - 0,13
Fußboden	0,65 / 1,18	0,40	0,25 - 0,30	0,10 - 0,20
Fenster	2,50 / 2,60 bis 4,3	1,7	1,4 – 1,5	0,7 - 0,8

<sup>3</sup> U-Wert: Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils nach DIN 4108 in W/(m<sup>2</sup>K)

<sup>4</sup> g-Wert: Gesamtenergie-Durchlassgrad bei Verglasungen

<sup>5</sup> nach der neuen Energieeinsparverordnung (EnEV 2004 und EnEV 2007) müssen bei Ersatz oder erstmaligem Einbau Mindestanforderungen an Außenbauteile erfüllt werden

## 2.4 Energiebilanz

Auf der Grundlage der in Tabellen 2.1 und 2.2 aufgeführten Bauteile erfolgte die Berechnung des Heizwärmebedarfs für die Gebäude im derzeitigen Zustand.

### 2.4.1 Energiebilanz Schulgebäude

Es ergibt sich laut Berechnung ein **Heizwärmeverbrauch** für das Schulgebäude gesamt von ca. **338 000 kWh/a**, aufgeteilt für den Altbau mit ca. 83 000 kWh und für das neuere Gebäude 1963/1989 mit 255 000 kWh.

Der **Heizenergiekennwert** beträgt für den Altbau **86 kWh/m<sup>2</sup>a** und für den neueren Schulbau **148 kWh/m<sup>2</sup>a**.

Hierbei sind die Werte für den Altbau sehr unsicher, weil die genaue Nutzung im Dachgeschoss unbekannt ist. Dies ist jedoch für die weiteren Aussagen zum neueren Schulgebäude unwesentlich.

Der tatsächliche Verbrauch hat eine große Schwankungsbreite zwischen ca. 264 000 und 367 000 kWh. Dies ist nicht auf die wärmetechnische Verbesserung des Altbaus mit einem Wärmedämmverbundsystem zurückzuführen. Das Wärmedämmverbundsystem wurde 1999 aufgebracht. Der Energieverbrauch sank von 1999 mit 334 000 kWh auf 264 000 kWh im Jahr 2000, und erreichte im Jahr 2005 einen Höchstwert von 367 000 kWh. Hier spielen vermutlich unterschiedliche Nutzungsbedingungen eine größere Rolle.

Aufgrund der rechnerischen Energiebilanz und Berücksichtigung einer geschätzten Effizienz der Heizungsanlage ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit den Höchstwerten des witterungsbereinigten Gasverbrauchs (siehe hierzu die Anlage).

Die einzelnen Energieverlustanteile sind in der nachfolgenden Grafik zusammengestellt.

## Energieverlustanteile Wärme (Heizung, ohne Warmwasser) GHS Oberzell Gebäude 1963/1989

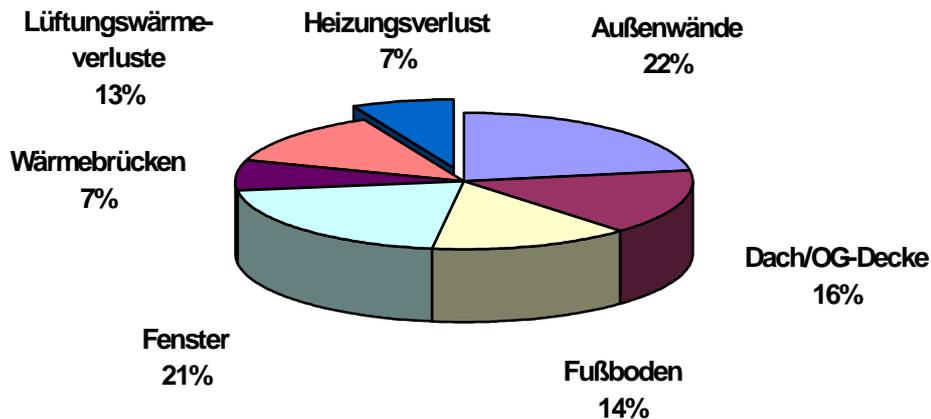


Abbildung 1: Endenergiebilanz GHS Oberzell im Ist-Zustand

Die Aufteilung der Energieverluste auf die einzelnen Bauteile der beheizten Gebäudehüllfläche, die Lüftungswärme und die Heizung zeigt, dass ca. jeweils ein Fünftel der Wärmeverluste über die Fenster und durch die Außenwände erfolgt. Die Verluste über das Dach liegen aufgrund des verbesserten Dämmstandards bei 16%. Wärmebrücken besitzen baualtersbedingt ebenfalls einen nicht zu vernachlässigenden Anteil. Es handelt sich hierbei um z.B. Fensterleibungen, Attika des Flachdachs und der Sockelanschluss.

Die Heizungsverluste können schlecht abgeschätzt werden. Vermutlich liegen sie nutzungsbedingt noch etwas höher.

## 2.4.2 Energiebilanz Schussentahalle

Es ergibt sich laut Berechnung ein **Heizwärmeverbrauch** für das Schulgebäude gesamt von ca. **260 000 kWh/a**. Der **Heizenergiekennwert** beträgt **151 kWh/m<sup>2</sup>a**.

Der tatsächliche Verbrauch bewegt sich zwischen ca. 290 000 und 357 000 kWh und damit in einem weitestgehend gleichmäßigen Rahmen, wenn der Verbrauchswert aus dem Jahr 1997 mit 200.000 kWh nicht berücksichtigt wird.

Aufgrund der rechnerischen Energiebilanz und Berücksichtigung einer geschätzten Effizienz der Heizungsanlage ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit dem witterungsbereinigten Ölverbrauch (siehe hierzu die Anlage 2).

Die einzelnen Energieverlustanteile sind in der nachfolgenden Grafik zusammengestellt.

### Energieverlustanteile Wärme (Heizung, ohne Warmwasser) Schussentahalle

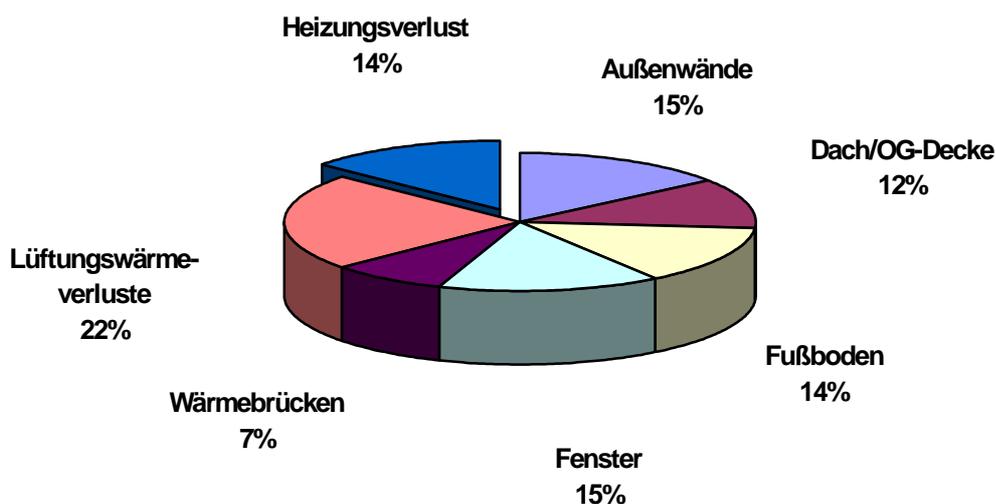


Abbildung 2: Endenergiebilanz Schussentahalle im Ist-Zustand

Wesentliche Anteile der Energieverluste im Bereich der Gebäudehülle sind die Außenwände und die Fenster. Verluste im Bereich der Heizung und der Lüftung sind ebenfalls beträchtlich und sollten noch gesondert untersucht werden.

## 3 Bauliche Maßnahmen Schulgebäude

### 3.1 Wärmeschutzvarianten

Die bei der Begehung festgestellten baulichen Schwachstellen weisen auf ein Einsparpotenzial im Bereich der Fassaden (Fenster und Außenwandbauteile). Die erzielbaren Energieeinsparungen werden für das Gebäude in den nächsten 30 Jahren berechnet (Der Betrachtungszeitraum für die Wirtschaftlichkeit baulicher Maßnahmen beträgt 30 Jahre) .

Ausgehend von der vorhandenen Nutzung wird das Einsparpotenzial im Bereich der Fassade (Fenster und Außenwandbauteile) und des Daches berechnet.

#### **Maßnahme BM 1(1): Fensteraustausch, Isolierverglasung in Holzrahmen**

Die vorhandenen älteren Isolierverglasfenster werden gegen Wärmeschutzfenster mit einem U-Wert von  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , d.h. Wärmeschutzverglasung in Kunststoff- oder Holzrahmen (U-Wert der Verglasung nach Bundesanzeiger  $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , Verglasung mit thermisch getrenntem Randverbund) ausgetauscht.

Der Austausch kann hierbei zunächst auf die alten Fenster aus dem Jahr 1963 beschränkt werden, die noch nicht saniert wurden. Da diese Fenster dringend sanierungsbedürftig sind, ist hier ein Austausch ohnehin vorzunehmen.

Bei den Fenstern im Bereich der Erweiterung im Jahr 1989 ist ein Austausch nur aus energetischen Gründen nicht sinnvoll. Hier sollte auf einen altersbedingten Austausch in den nächsten 10 bis 15 Jahren geachtet werden.

#### **Maßnahme BM 1(2): Fensteraustausch, Isolierverglasung in Metallrahmen**

Die Fenster in der Gymnastikhalle an der Südwestfassade sind vermutlich noch mit Metallrahmen ohne thermische Trennung ausgeführt. Hier ist eine Erneuerung wie bei den Fenstern an der Nordwestfassade mit z.B. Kunststoffrahmen und Wärmeschutzverglasung wie bei BM 1(1) zu empfehlen.

#### **Maßnahme BM 1(3): Fensteraustausch, Einfachverglasung in Holzrahmen**

Die Verglasung im Windfang Nordost besteht noch aus der alten Einfachverglasung. Auch wenn dieser Bereich mit geringeren Raumtemperaturen genutzt wird ist

hier ein Austausch mit einem z.B. Holzrahmen und Wärmeschutzverglasung wie bei BM1(1) zu empfehlen.

### **Maßnahme BM 2: Wärmedämmverbundsystem**

Bei einer anstehender Putzerneuerung ist nach Energieeinsparverordnung (Anhang 3 Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen bestehender Gebäude) für die Außenwand der Höchstwert des Wärmedurchgangskoeffizienten von  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  einzuhalten. Das entspricht beim Altbau einer Dämmschicht von 10 cm bei einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,040 \text{ W}/(\text{mK})$  bzw. von 8 cm bei einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,035 \text{ W}/(\text{mK})$ . Wirtschaftlich sinnvoll ist eine Dämmstoffdicke von 12 cm bei WLF  $0,035 \text{ W}/(\text{mK})$  durch die derzeit höhere Energiepreissteigerung. Die Wärmedämmung ist auf jeden Fall im Bereich des Gebäudes aus dem Jahr 1963 auszuführen. Bei der Erweiterung aus dem Jahr 1989 ist die wärmetechnische Sanierung aus rein energetischen Gesichtspunkten unwirtschaftlich und sollte erst dann ausgeführt werden, wenn Schäden am Putz vorhanden sind.

Bei einer energetischen Sanierung der Außenwände empfiehlt sich aus bauphysikalischen Gründen ein gleichzeitiger Fensteraustausch. Anschlüsse des Wärmedämmverbundsystems an die Fenster können dadurch wärmebrückenfrei und luftdicht ausgeführt werden.

### **Maßnahme BM 3: Erhöhung der Wärmedämmung im Dach**

Beim Dach kann eine wärmetechnische Verbesserung auf den bestehenden Dachaufbau als Umkehrdach mit einer feuchtebeständigen Wärmedämmung aus extrudiertem Polystyrol erzielt werden. Nach EnEV ist ein erforderlicher U-Wert von  $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  einzuhalten. Dies wird bei einer vorhandenen Dämmstoffdicke von 4 cm im Gebäude aus dem Jahr 1963 mit 12 cm Dämmstoffdicke WLF 040 und im neueren Gebäudeteil (bei vermutlich vorhandenen 10 cm Wärmedämmung) mit entsprechend 6 cm Dämmstoffdicke eingehalten.

## **3.2 Zusammenfassung**

Durch die baulichen Maßnahmen können fast die Hälfte der Heizenergie eingespart werden. Dabei liegt das größte Einsparpotenzial mit ca. 20 % der Wärmeenergie im Bereich der Außenwände. Bei gleichzeitigem Fensteraustausch kann fast ein Drittel des Energiebedarfs eingespart werden.

Tabelle 3.1: Energieeinsparpotenzial durch bauliche Maßnahmen

Maßnahmen	Energieeinsparungen Brennstoffbedarf	
	BM1(1): Austausch alte Fenster 1963 : zusätzlich Austausch Fenster 1989	9.500 kWh/a 12.800 kWh/a
BM1(2): Fensteraustausch Gymnastikhalle (Alurahmen)	3.200 kWh/a	1,4 %
BM1(3): Fensteraustausch Einfachverglasung Windfang	2.300 kWh/a	1,0 %
BM2: Wärmedämmverbundsystem Außenwand 1963 Wärmedämmverbundsystem Außenwand 1989	42.400 kWh/a 9.100 kWh/a	18,6 % 4,9 %
BM3: Dachdämmung Dach 1963 Dachdämmung Dach 1989	31.200 kWh/a 2.600 kWh/a	17,8 % 1,8 %
<b>Summe</b>	<b>113.100 kWh/a</b>	<b>44 %</b>

### 3.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Für jede Maßnahme werden in Tabelle 3.2 die Investitionskosten (mit MWSt.) und die energiesparbedingten Mehrkosten (Investitionskosten minus sowieso anfallende Instandhaltungskosten) aufgeführt. Aus den Mehrkosten berechnet sich die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme als Preis pro eingesparter Kilowattstunde Energie ("Äquivalenter Energiepreis").

Verlässliche Kostenaussagen können nur über konkrete Angebote gewonnen werden, die die objektspezifischen Besonderheiten berücksichtigen. Um dennoch zuvor eine grobe Einschätzung der Kosten zu ermöglichen, werden mittlere Kosten bezogen auf die jeweilige Bauteilfläche angegeben.

Eine Maßnahme ist dann wirtschaftlich, wenn der Preis pro eingesparter Kilowattstunde Energie mindestens dem mittleren Energiepreis über die Lebensdauer einer Maßnahme entspricht (30 Jahre bei baulichen Maßnahmen) .

Tabelle 3.2: Übersicht über Energieeinsparung, Kosteneinsparung und Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen

Maßnahme	Energieeinsparung	Vollkosten (brutto)		Energiesparbedingte Mehrkosten		Preis pro eingesparter kWh
		[kWh/a]	[EUR/m <sup>2</sup> ]	[EUR]	[EUR/m <sup>2</sup> ]	
<b>Bauliche Maßnahmen</b>						
BM1(1) Fenster Fenster austausch 1963 (Gesamt-U-Wert 1,3 W/(m <sup>2</sup> K))	9.500	350	52.000	40	6.000	4,5
Wie vor, jedoch Fenster 1989	12.800	350	70.000	350	70.000	38,7
BM1(2) Fenster Fenster austausch Gymnastikhalle, Alurahmen (Gesamt-U-Wert 1,3 W/(m <sup>2</sup> K))	3.200	350	8.000	40	1.000	2,2
BM1(3) Fenster austausch Einfachverglasung	2.300	350	4.000	40	500	1,5
BM2 Außenwände Wärmedämmverbundsystem, Reduzierung von Wärmebrücken, Bereich 1963 (12 cm WLG 035)	42.400	120	85.000	80	57.000	8,7
Wie vor, jedoch Bereich 1989	9.100	120	52.000	120	52.000	37,2
BM3 Energetische Verbesserung des Daches, Reduzierung von Wärmebrücken (12 cm WL 040), Bereich 1963	31.200	80	60.000	60	45.000	9,8
Wie vor, Bereich 1989	2.600	80	25.000	60	18.000	30,3
<b>Summe bauliche Maßnahmen BM1 bis BM3</b>	<b>113.100 kWh/a</b>		<b>356.000 EUR</b>		<b>250.000 EUR</b>	<b>14,8 Cent/kWh</b>
<b>Zum Vergleich für die Wirtschaftlichkeit</b>						
mittlerer Energiepreis heute, Erdgas					5,0 Ct./kWh	
mittlerer Energiepreis in 30 Jahren, Erdgas Energiepreissteigerung 5% (real, nominal 7%) Vergleich: Gaspreissteigerung in den vergangenen 10 Jahren: 8% nominal, 6% real					9,6 Ct./kWh	

Für die Fenster des Altbaus werden als Mehrkosten die Kosten für einen verbesserten Randverbund angesetzt, die vorgeschlagene Glasqualität entspricht der von heutigen Standardfenstern. Die alten Fenster von 1963 haben statistisch gesehen ihre Nutzungsdauer von 30 Jahren erreicht. Die Fenster der Erweiterung sind jedoch erst ca. 17 Jahre alt, deshalb werden hier die Vollkosten angesetzt.

Die Außenwände und das Dach, falls noch nicht wärmetechnisch saniert ist eine Wärmedämmung wirtschaftlich zu empfehlen, weil hier auch durch die vorhandenen Bauteilschäden eine Sanierung ansteht und aus diesem Grund nur die energiebedingten Mehrkosten in Ansatz gebracht werden.

Für die momentan nicht sanierungsbedürftigen Außenwände und das Dach des Erweiterungsbaus können im Augenblick nur die Vollkosten in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einfließen. Wird im Falle einer notwendigen Sanierung der Außenwände ein Dämmstandard nach Energieeinsparverordnung realisiert, fallen keine Mehrkosten für den Dämmstoff an. Die Dachdämmung bleibt aus heutiger Sicht auch im Fall einer notwendigen Sanierung wegen der bereits vorhandenen Dämmqualität unwirtschaftlich.

### **3.4 Empfehlungen für das Schulgebäude**

Für die Schule sind wärmetechnische Maßnahmen an der Gebäudehülle zu empfehlen. Dies betrifft sowohl die Fenster, Außenwände als auch die Dächer. Hierbei ist besonders der Gebäudebereich von 1963 wegen des vorhandenen wärmetechnisch niedrigen Niveaus vorrangig zu behandeln. Teile der Fenster sind hierbei schon durch neue wärmetechnische Qualitäten ersetzt worden.

Für die Fenster ist gesondert zu beachten, dass ein wärmedämmender Glasrandverbund zum Einsatz gelangt (z.B. Thermix, SwissSpacer o.glw.) Dies ist baulich noch unüblich und muss gesondert vorgegeben werden.

Wärmetechnische Maßnahmen im Bereich des Bodens gegen Erdreich sind nicht zu empfehlen, weil dies wegen der nicht unterkellerten Bereiche die vollständige Änderung des Fußbodenaufbaus mit entsprechenden Folgekosten an Eingangsbereichen und Treppen nach sich zieht. Hier wird vorgeschlagen, die Außenwanddämmung als Frostschräge soweit wie möglich in das Erdreich zu verziehen. Empfohlen wird dies als Kompromiss bis in eine Tiefe von 50 cm unter Erdoberfläche bzw. bei unterkellerten Bereichen bis OK Fundament.

Ob im Rahmen der Sanierungsarbeiten auch der Erweiterungsbereich von 1989 mit einbezogen wird, sollte aus finanziellen Gründen geprüft werden. Aus baulichen Gründen ist dies wegen der finanziellen Einsparungen bei größeren Flächen zu

empfehlen, jedoch wegen der geringeren energetischen Einsparungen im Bereich Außenwand und Dach nicht unbedingt erforderlich.

## 4 Bauliche Maßnahmen Schussentalhalle

### 4.1 Wärmeschutzvarianten

Die bei der Begehung festgestellten baulichen Schwachstellen weisen auf ein Einsparpotenzial im Bereich der Fassaden (Fenster und Außenwandbauteile). Die erzielbaren Energieeinsparungen werden für das Gebäude in den nächsten 30 Jahren berechnet (Der Betrachtungszeitraum für die Wirtschaftlichkeit baulicher Maßnahmen beträgt 30 Jahre) .

Ausgehend von der vorhandenen Nutzung wird das Einsparpotenzial im Bereich der Fassade (Fenster und Außenwandbauteile) und des Daches berechnet.

#### **Maßnahme BM 1(1): Fensteraustausch, Klassenzimmer**

In den in den Plänen mit Jugendraum bezeichneten Bereich im Untergeschoss und jetziger Nutzung als Klassenzimmer sind Fenster mit thermisch nicht getrennten Metallrahmen und alter Isolierverglasungen vorhanden. Dieser Fenstertyp ist allgemein in einem guten baulichen Zustand jedoch entspricht dieser in keiner Weise dem heutigen wärmetechnischen Standard. Durch Einbau von neuen thermisch getrennten Metallrahmen oder kostengünstigere Variante mit Kunststoffrahmen (5-Kammer-Profil) sowie einer Wärmeschutzverglasung (U-Wert der Verglasung nach Bundesanzeiger 1,1 W/(m<sup>2</sup>K), Verglasung mit thermisch getrenntem Randverbund) kann der Heizwärmebedarf für diesen Raum deutlich gesenkt werden.

In diesem Zusammenhang wäre auch zu prüfen, wenn keine Außenwanddämmung an der Außenseite erfolgt, hier eine Innendämmung vorzusehen. Diese sollte dann aus einem Material bestehen, das eine hohe kapillare Entfeuchtung ermöglicht (z.B. Calciumsilikatplatten), damit keine weiteren Feuchteschäden zu erwarten sind.

Ebenfalls sollten die Außenbauteile (Wände und Tür) zu den Lagerräumen behandelt werden (z.B. 10 cm Dämmstoffdicke an den Wänden und die Tür mit Lippendichtungen die Luftdichtigkeit verbessern).

### **Maßnahme BM 1(2): Fensteraustausch, Halle**

Die vorgenannte Maßnahme gilt für die Hallenfenster im gleichen Maße. Jedoch ist hier die wirtschaftliche Effizienz und die Verbesserung der Behaglichkeit nicht in dem Maße gegeben bzw. notwendig wie in dem Raum mit Nutzung als Klassenzimmer.

### **Maßnahme BM 2: Wärmedämmverbundsystem**

Die opaken Außenwandflächen der Schussentahalle sind wärmetechnisch als gering wärmegeklämt einzustufen. Durch Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems entsprechend den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (Anhang 3 Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen bestehender Gebäude) mit 12 cm Dämmstoffdicke bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK) kann der Höchstwert des Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,35 W/(m<sup>2</sup>K) eingehalten werden. Dies entspricht auch der wirtschaftlichen Dämmstoffdicke für die vorhandene Nutzung.

Bei einer energetischen Sanierung der Außenwände empfiehlt sich aus bauphysikalischen Gründen ein gleichzeitiger Fensteraustausch. Anschlüsse des Wärmedämmverbundsystems an die Fenster können dadurch wärmebrückenfrei und luftdicht ausgeführt werden.

### **Maßnahme BM 3: Erhöhung der Wärmedämmung im Dach**

Beim Dach kann eine wärmetechnische Verbesserung auf den bestehenden Dachaufbau als Umkehrdach mit einer feuchtebeständigen Wärmedämmung aus extrudiertem Polystyrol erzielt werden. Nach EnEV ist ein erforderlicher U-Wert von 0,25 W/(m<sup>2</sup>K) einzuhalten. Dies wird bei einer vorhandenen Dämmstoffdicke von vermutlich 8 cm WLF 040 mit einer Dämmstoffdicke von 12 cm bei WLF 040 eingehalten.

Beim vorhandenen Dachaufbau ist zu prüfen, wie weit der Aufbau den Dachgärtnerichtlinien bzw. die Dachabdichtung den erforderlichen Wurzelschutz aufweist. Auf der Dachabdichtung ist lediglich eine PE-Folie unter dem Kies bzw. der Substratschicht vorhanden. Es ist zu vermuten, dass die Abdichtungsbahnen aus Bitumenschweißbahnen keinen zusätzlichen Wurzelschutz aufweisen. Auch wenn dieser Aufbau noch funktionsfähig ist, wird vorgeschlagen aus Gründen der Bauerhaltung, folgenden neuen Dachaufbau vorzusehen:

- Dachschichten bis auf die vorhandenen Bitumenbahnen abräumen (Kies und extensive Begrünung mit Vegetationsschicht können weiterverwendet werden)

- Aufbringen einer wurzelschutzfesten Dachabdichtungsbahn, z.B. Bauder Plant E, gemäß den FLL-Richtlinien
- Neue Wärmedämmung als DUO-Dach, 120 mm extrudiertes Polystyrol mit WLF 040
- Abdeckung dampfdiffusionsoffen, z.B. Roofstat MK Fa. Dow
- Schutzlage, z.B. Vlies mit 300 g/m<sup>2</sup> bzw. Speicherschutzmatten nach Vorgabe Gartenbau
- Kies bzw. extensive Begrünung nach Vorgabe Gartenbau

## 4.2 Zusammenfassung

Durch die baulichen Maßnahmen können ca. 25 % der Heizenergie eingespart werden. Durch die Größe des Gebäudes und der Nutzung ist eine weitere Verringerung unwirtschaftlich. Das größere Einsparpotenzial ist im Bereich der Haustechnik (Heizung und Lüftung) zu sehen. Dies ist in weiteren Untersuchung genauer zu ermitteln.

Tabelle 4.1: Energieeinsparpotenzial durch bauliche Maßnahmen, Schussentallhalle

Maßnahmen	Energieeinsparungen Brennstoffbedarf	
	BM1(1): Austausch Metallfenster in Klassenzimmer	1.600 kWh/a
BM1(2): Fensteraustausch Sporthalle	14.100 kWh/a	5,4 %
BM2: Wärmedämmverbundsystem Außenwand	32.200 kWh/a	12,4 %
BM3: Dachdämmung	16.900 kWh/a	6,5 %
<b>Summe</b>	<b>64.800 kWh/a</b>	<b>24,9 %</b>

## 4.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Für jede Maßnahme werden in Tabelle 4.2 die Investitionskosten (mit MWSt.) und die energiesparbedingten Mehrkosten (Investitionskosten minus sowieso anfallende Instandhaltungskosten) aufgeführt. Aus den Mehrkosten berechnet sich die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme als Preis pro eingesparter Kilowattstunde Energie ("Äquivalenter Energiepreis").

Verlässliche Kostenaussagen können nur über konkrete Angebote gewonnen werden, die die objektspezifischen Besonderheiten berücksichtigen. Um dennoch zuvor eine grobe Einschätzung der Kosten zu ermöglichen, werden mittlere Kosten bezogen auf die jeweilige Bauteilfläche angegeben.

Eine Maßnahme ist dann wirtschaftlich, wenn der Preis pro eingesparter Kilowattstunde Energie mindestens dem mittleren Energiepreis über die Lebensdauer einer Maßnahme entspricht (30 Jahre bei baulichen Maßnahmen) .

Tabelle 4.2: Übersicht über Energieeinsparung, Kosteneinsparung und Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen

Maßnahme	Energieeinsparung	Vollkosten (brutto)		Energiesparbedingte Mehrkosten		Preis pro eingesparter kWh
	[kWh/a]	[EUR/m <sup>2</sup> ]	[EUR]	[EUR/m <sup>2</sup> ]	[EUR]	[Cent/kWh]
<b>Bauliche Maßnahmen</b>						
BM1(1) Fensteraustausch Klassenzimmer	1.700	400	7000	400	7.000	26,4
BM1(2) Fenster Fensteraustausch Halle	15.500	500	72.000	500	72.000	30,3
BM2 Außenwände Wärmedämmverbundsystem, Reduzierung von Wärmebrücken (12 cm WLG 035)	35.400	120	112.000	120	112.000	20,7
BM3 Energetische Verbesserung des Daches, Reduzierung von Wärmebrücken (12 cm WL 040)	18.600	100	178.000	100	178.000	62,3
<b>Summe bauliche Maßnahmen BM1 bis BM3</b>	<b>71.200 kWh/a</b>		<b>369.000 EUR</b>		<b>369.000 EUR</b>	<b>33,8 Cent/kWh</b>
<b>Zum Vergleich für die Wirtschaftlichkeit</b>						
mittlerer Energiepreis heute, Erdöl					6,0 Ct./kWh	
mittlerer Energiepreis in 30 Jahren, Erdgas Energiepreissteigerung 5% (real, nominal 7%) Vergleich: Gaspreissteigerung in den vergangenen 10 Jahren: 8% nominal, 6% real					11,5 Ct./kWh	

Für die einzelnen Maßnahmen wurden überall die Vollkosten angesetzt, weil noch kein konkreter Handlungsbedarf hinsichtlich der Sanierung der vorhandenen Bauteile besteht. Damit ist aus rein energetischen Gründen keine Maßnahme wirtschaftlich. Die wärmetechnische Verbesserung der Bauteile ist im wesentlichen aus Gründen der Verbesserung der Behaglichkeit, Bauwerkserhaltung auf lange Sicht und Vermeidung künftig zu erwartender Bauschäden.

## 4.4 Empfehlungen für die Schussenthalhalle

Aus energetischen Gründen sind wärmetechnischen Maßnahmen nicht zu empfehlen. Die vorgesehenen Maßnahmen sind aus Gründen der Behaglichkeit und der Bauwerkserhaltung ausgewählt und in diesem Rahmen auch für die künftige Bereitstellung von Haushaltsmitteln weiter zu entscheiden.

Falls die Fenster ausgetauscht werden, ist gesondert zu beachten, dass ein wärmedämmender Glasrandverbund zum Einsatz gelangt (z.B. Thermix, SwissSpacer o.glw.). Dies ist baulich noch unüblich und muss gesondert vorgegeben werden.

Wärmetechnische Maßnahmen im Bereich des Bodens gegen Erdreich sind nicht zu empfehlen, weil dies wegen der nicht unterkellerten Bereiche die vollständige Änderung des Fußbodenaufbaus mit entsprechenden Folgekosten an Eingangsbereichen und Treppen nach sich zieht. Hier wird vorgeschlagen, falls eine Außenwanddämmung zum Einsatz gelangt, die Außenwanddämmung als Frostschräge soweit wie möglich in das Erdreich zu verziehen. Empfohlen wird dies als Kompromiss bis in eine Tiefe von 50 cm unter Erdreichoberfläche bzw. bei unterkellerten Bereichen bis OK Fundament.

Weitere Maßnahmen sollten im Rahmen der Bauwerkserhaltung bzw. Sanierung ausgetauscht werden. Bei den Dachoberlichtern können diese evtl. im Rahmen der Dachsanierung mit besser wärmedämmenden Elementen, z.B. 4-fach Lichtkuppeln, ausgetauscht werden.

IB ebök

Tübingen, den 21.8.2007

## 5 Förderungen

Für den Einsatz regenerativer Energien und energiesparende Maßnahmen gibt es Zuschüsse und zinsgünstige Kredite aus Bundes- und Landesförderprogrammen.

Folgende Förderprogramme können für die empfohlenen Maßnahmen in Anspruch genommen werden:

- § **Marktanreizprogramm – Teilprogramm: Wärme aus erneuerbaren Energien in der Schule und in der Kirche (Zuschussprogramm 2007, Errichtung von automatisch beschickten Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse: 24 EUR je kW installierter Nennwärmeleistung über KfW-Programm Erneuerbare Energien – Zuschüsse im Programm seit 2.8.2007 um 50% erhöht)**
- § **Förderprogramm KLIMA-SCHUTZ-PLUS Allgemeines CO<sub>2</sub>-Minderungsprogramm Baden-Württemberg: Zuschuss 50 EUR pro vermiedene Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent über die anrechenbare Lebensdauer der Maßnahme von 15 Jahren. Antragstellung bis 31.8.2007 möglich.**

Aktuelle Förderübersichten und Zinssätze finden sich im Internet unter

[www.l-bank.de](http://www.l-bank.de)

[www.kfw.de](http://www.kfw.de)

[www.bafa.de](http://www.bafa.de)

## 6 Literaturverzeichnis

Institut Wohnen und Umwelt: *Heizenergie im Hochbau, Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung*, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, Wiesbaden 1996

Institut Wohnen und Umwelt: *Energie-Paß Heizung/Warmwasser*, Darmstadt 1997

Institut Wohnen und Umwelt: *Energiebilanz-Toolbox*, Darmstadt 2001

Öko-Institut: *Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.3*, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, Darmstadt/Freiburg/Berlin (Stand Dezember 2005)

Passivhausinstitut: *Passivhaus Projektierungs Paket 2004*, Darmstadt 2004

## **Anhang**

Grundlagen der Energiebilanzierung

Energiekennwerte Heizwärmebedarf

und Endenergiebedarf

IST-Zustand und Sanierung



## Energiebilanzierung

Im Rahmen einer Energiebilanzierung (ENEV-XL Berechnungen nach DIN V 4108 Teil 6 Monatsbilanzverfahren / Randbedingungen nach „Energiepass Heizung Warmwasser“ EPHW) wurden zunächst auf Nutzenergieebene die Wärmeverluste des Gebäudes über Transmission durch die Bauteile und über Lüftungswärmeverluste analysiert. Hierbei wurden neben den bauphysikalischen Gebäudedaten (Hüllflächen, U-Werte, Luftvolumen) auch die gebäudespezifisch nutzbare Sonneneinstrahlung, die Personenabwärme, die Speicheringfähigkeit der Bauteile sowie Nutzungsannahmen für Schulgebäude (z.B. Luftwechsel) berücksichtigt.

In einem zweiten Schritt wurden zusätzlich die Heizungsanlagenverluste berücksichtigt. Die resultierende Endenergiebilanz ermöglichte für den Ist-Zustand einen Abgleich der Bilanzergebnisse mit dem Realverbrauch.

Tabelle 6.1: Verbrauchsdaten GHS Oberzell (Angaben von Stadt Ravensburg)

Datengrundlage	Verbrauch (witterungsbereinigt)
Erfassungsjahr 1997	333.672 kWh
Erfassungsjahr 1998	284.754 kWh
Erfassungsjahr 1999	334.472 kWh
Erfassungsjahr 2000	263.714 kWh
Erfassungsjahr 2001	266.064 kWh
Erfassungsjahr 2004	317.876 kWh
Erfassungsjahr 2005	366.736 kWh

Tabelle 6.2: Energiebilanz Ist-Zustand

Heizwärmebedarf <sup>6</sup>	Altbau 1934	Gebäude 1963 und 1989	Summe
Heizwärmebedarf	83.000 kWh	255.000 kWh	338.000 kWh
Energiekennwert Heizwärme	86 kWh /m <sup>2</sup> a	149 kWh /m <sup>2</sup> a	-
<b>Endenergiebedarf<sup>7</sup> (geschätzt)</b>			
Endenergiebedarf Heizung	100.000 kWh	280.000 kWh	380.000 kWh
Endenergiekennwert Heizung	103 kWh /m <sup>2</sup> a	164 kWh /m <sup>2</sup> a	-

Beim Endenergiebedarf erfolgte der Ansatz des Heizwärmeverlusts für den Altbau mit 20 % und beim neueren Gebäude mit 10 %.

<sup>6</sup> Heizwärmebedarf: genutzte Energie, hier in Form von Heizwärme, ergibt sich aus dem Wärmebedarf des Gebäudes für Transmission und Lüftung abzüglich der nutzbaren Wärmegewinne.

<sup>7</sup> Endenergiebedarf: dem Gebäude unmittelbar zugeführte Energie, z.B. in Form von Öl oder Gas.

Tabelle 6.3: Verbrauchsdaten **Schussentahalle** (Angaben von Stadt Ravensburg)

Datengrundlage	Verbrauch (witterungsbereinigt)
Erfassungsjahr 1997	199.580 kWh
Erfassungsjahr 1998	292.772 kWh
Erfassungsjahr 2000	350.599 kWh
Erfassungsjahr 2001	357.417 kWh
Erfassungsjahr 2004	314.659 kWh
Erfassungsjahr 2005	294.620 kWh
Mittlerer Verbrauch 2000 bis 2005	329.324 kWh

Tabelle 6.4: Energiebilanz Ist-Zustand, berechnet

<b>Heizwärmebedarf<sup>8</sup></b>	<b>Schussentahalle</b>
Heizwärmebedarf	260.000 kWh
Energiekennwert Heizwärme	151 kWh /m <sup>2</sup> a
<b>Endenergiebedarf<sup>9</sup></b>	
Endenergiebedarf Heizung	312.000 kWh
Endenergiekennwert Heizung	182 kWh /m <sup>2</sup> a

Beim Endenergiebedarf erfolgte der Ansatz des Heizwärmeverlusts bei der Heizungsanlage von 20 %.

---

<sup>8</sup> Heizwärmebedarf: genutzte Energie, hier in Form von Heizwärme, ergibt sich aus dem Wärmebedarf des Gebäudes für Transmission und Lüftung abzüglich der nutzbaren Wärmegewinne.

<sup>9</sup> Endenergiebedarf: dem Gebäude unmittelbar zugeführte Energie, z.B. in Form von Öl oder Gas.





# Heizwärmebedarf – Objekt-Kennwert

Berechnung nach DIN V 4108-6 Monatsbilanz / Randbedingungen nach "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung"

EnEV-XL 2.2 - Lizenznehmer: ebook - D-72072 Tuebingen

Projekt: <b>GHS Oberzell, Sporthalle</b>		Anzahl Vollgeschosse: <b>2</b>
Variante: <b>Schussentahle</b>		Anzahl Wohneinheiten: <b>1713,92</b> m <sup>2</sup>
Standort: <b>RV-Oberzell</b>	Gebäutart / -nutzung: <b>Schussentahle</b>	beheizte Nettogrundfläche: <b>1713,92</b> m <sup>2</sup>
Klima: <b>Standardklima Deutschland</b>		beheiztes Gebäudevolumen (brutto): <b>10431,4</b> m <sup>3</sup>
Raum-Solltemperatur: <b>18,0</b> °C	Nachtabsenkung: <b>16</b> h/d	"Gebäudenutzfläche" A <sub>n</sub> : <b>3338,0</b> m <sup>2</sup>
resultierende mittl. Raumtemp. Heizzeit: <b>14,4</b> °C	Wochenendabsenkung:	A/V-Verhältnis: <b>0,488</b> 1/m
Länge der Heizzeit (variabel, Berechnung s.u.): <b>283,4</b> d/a	nliche Teilbeheizung: <input type="checkbox"/>	

Bezugsfläche: 1713,9 m<sup>2</sup>

(beheizte Nettogrundfläche)

jährliche Wärmeverluste flächenbezogen kWh/(m<sup>2</sup>a)

17,5

### Transmission

Bauteil-Bezeichnung	Bauteil-Art	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor f <sub>r</sub>	W/K
1. Aussenwand	Außenwand	939,9	1,000	1,00	940
2. Wand gegen Erdreich	Wand des beheizten Kellers (zum Erdreich)	322,7	1,400	0,40	181
3. Dach	Dachfläche	1781,1	0,429	1,00	764
4. Bodenplatte	Fußb. auf Edr. ohne Randdämmung	1781,1	1,000	0,40	712
5. Fenster ohne Beschichtung	Fenster	177,0	4,300	1,00	761
6. Fenster mit Beschichtung	Fenster	56,2	1,800	1,00	101
7. Oberlichter	Fenster	13,0	3,500	1,00	46
8. Tore	Außenwand	9,8	3,500	1,00	34
9. Aussentüren	Außenwand	12,5	3,500	1,00	44
10. pauschaler Wärmebrückenzuschlag	Wände u. Decken zu unbeheizten Räumen	5093,3	0,100	1,00	509
Bauteile mit Flächenheizung					Zuschlag Δ <sub>HT,FH</sub>
<b>Summe</b>					<b>4092</b>

### Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>

beheizte Nettogrundfläche m<sup>2</sup> x lichte Raumhöhe m = Luftvolumen V<sub>L</sub> m<sup>3</sup>

1713,9 x 4,10 = 7027,1

Nachweis Dichtheit n<sub>50</sub> ≤ - 1/h

freie Lüftung (Fenster+Fugen): n<sub>nat</sub> = natürl. Luftwechsel n = 0,611

Abluftanlage

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG)

WRG (wenn vorh.) bei Anlage: berücksichtigt

wirksamer Luftwechsel n<sub>eff</sub> = n<sub>nat</sub> x (1 - η<sub>WRG</sub>) + n<sub>WRG</sub>

0,611 x (1 - 0) + 0 = 0,611

bei der Anlagentechnik zu berücksichtigender Wärmerückgewinn

### Lüftungswärmeverlust H<sub>V</sub>

V<sub>L</sub> m<sup>3</sup> x n<sub>eff</sub> 1/h x C<sub>Luft</sub> Wh/(m<sup>3</sup>K) = W/K

7027 x 0,611 x 0,34 = 1460,2

### Wärmeverluste gesamt

H<sub>T</sub> W/K + H<sub>V</sub> W/K = H<sub>ges</sub> W/K

4092,2 + 1460,2 = 5552

140,7

50,2

190,9

### Solare Einstrahlung

Fenster	Ausrichtung	Reduktionsfaktor	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m <sup>2</sup>	solare Apertur m <sup>2</sup>
1. ohne Beschichtung	NO/NW	0,509	0,70	107,4	38,2
2. mit Beschichtung	NO/NW	0,509	0,60	19,5	5,9
3. ohne Beschichtung	SO/SW	0,509	0,70	69,7	24,8
4. mit Beschichtung	SO/SW	0,509	0,60	36,7	11,2
5. Oberlichter	H	0,509	0,60	13,0	4,0
6. -	-	-	-	-	-

jährliche nutzbare Gebwinne flächenbezogen kWh/(m<sup>2</sup>a)

22,1

### Innere Wärmequellen

spezif. Leistung q<sub>i</sub> W/m<sup>2</sup> x A<sub>cs</sub> m<sup>2</sup> = W

2,5 x 1713,9 = 4285

### Innere Wärmequellen Q<sub>i</sub>

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Raumsolltemperatur [°C]	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
mittlere Außentemperatur [°C]	-1,3	0,6	4,1	9,5	12,9	15,7	18	18,3	14,4	9,1	4,7	1,3
mittlere Wärmeverlustleistung [kW]	107,2	96,6	77,2	47,2	28,3	12,8			20,0	49,4	73,8	92,7
Reduktionsfaktor Nachtabsenkung (Dauer Nachtabschaltung: 16 h)	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	1,00	1,00	1,00	0,76	0,76	0,75	0,74
Reduktionsfaktor räuml. eingeschr. Beh. result. mittl. Raumtemp. an Heiztagen [°C]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
mittl. Wärmeverlustleist. inkl. räuml. und zeitl. Teilbeh. [kW]	77,8	71,0	57,8	35,9	21,5	9,7			15,2	37,5	55,4	68,4
mittl. monat. Strahlungsintens. [W/m <sup>2</sup> ]	14,0	25,0	38,0	89,0	105,0	124,0	128,0	90,0	62,0	35,0	18,0	10,0
NO/NW	14,0	25,0	38,0	89,0	105,0	124,0	128,0	90,0	62,0	35,0	18,0	10,0
SO/SW	44,0	52,0	70,0	140,0	132,0	146,0	153,0	120,0	109,0	69,0	44,0	26,0
SO/SW	44,0	52,0	70,0	140,0	132,0	146,0	153,0	120,0	109,0	69,0	44,0	26,0
H	33,0	52,0	82,0	190,0	211,0	256,0	256,0	179,0	135,0	75,0	39,0	22,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mittleres solares Wärmeangebot [kW]	0,5	1,0	1,5	3,4	4,0	4,7	4,9	3,4	2,4	1,3	0,7	0,4
NO/NW	0,1	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1
SO/SW	1,1	1,3	1,7	3,5	3,3	3,6	3,8	3,0	2,7	1,7	1,1	0,6
SO/SW	0,5	0,6	0,8	1,6	1,5	1,6	1,7	1,3	1,2	0,8	0,5	0,3
H	0,1	0,2	0,3	0,8	0,8	1,0	1,0	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Innere Wärmequellen [kW]	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
Wärmeangebot mittl. Leist. [kW]	6,6	7,5	8,8	14,0	14,5	16,0	16,5	13,3	11,5	8,6	6,8	5,8
Gewinn/Verlust-Verhältnis	0,09	0,11	0,15	0,39	0,67	1,65	-	-	0,76	0,23	0,12	0,08
Ausnutzungsgrad Wärmeangebot	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,60			0,96	1,00	1,00	1,00
Wärmegewinn mittl. Leist. [kW]	6,6	7,5	8,8	14,0	14,2	9,6			11,0	8,6	6,8	5,8
mittl. Heizlast [kW]	71,2	63,6	49,0	21,9	7,3	0,1			4,2	28,9	48,6	62,7
Heizwärmebedarf [kWh]	52992	42714	36429	15745	5462	89			3002	21522	34992	46648

jährliche Wärmeverluste flächenbezogen kWh/(m<sup>2</sup>a)

17,3

190,9

### Anforderung EnEV

spezifischer Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub> W/(m<sup>2</sup>K) = **0,803**

Grenzwert EnEV = **-**

relativ zum Grenzwert EnEV = **-**

### Anforderung Niedrigenergiehaus

Heizwärmebedarf Q<sub>H</sub> kWh/a = **259596**

Q<sub>V</sub> - Q<sub>G</sub> = **151,5** kWh/a

Grenzwert Niedrigenergiehaus = **70,0** kWh/(m<sup>2</sup>a)

relativ zum Grenzwert Niedrigenergiehaus = **216%**

**GHS RV-Oberzell, Neubau 1963/1989**

Arbeitsblatt für Grafiken

Verbr. o.WW

IB ebök

Beheizte Fläche	1715	korr.Fläche	1715	255092
-----------------	------	-------------	------	--------

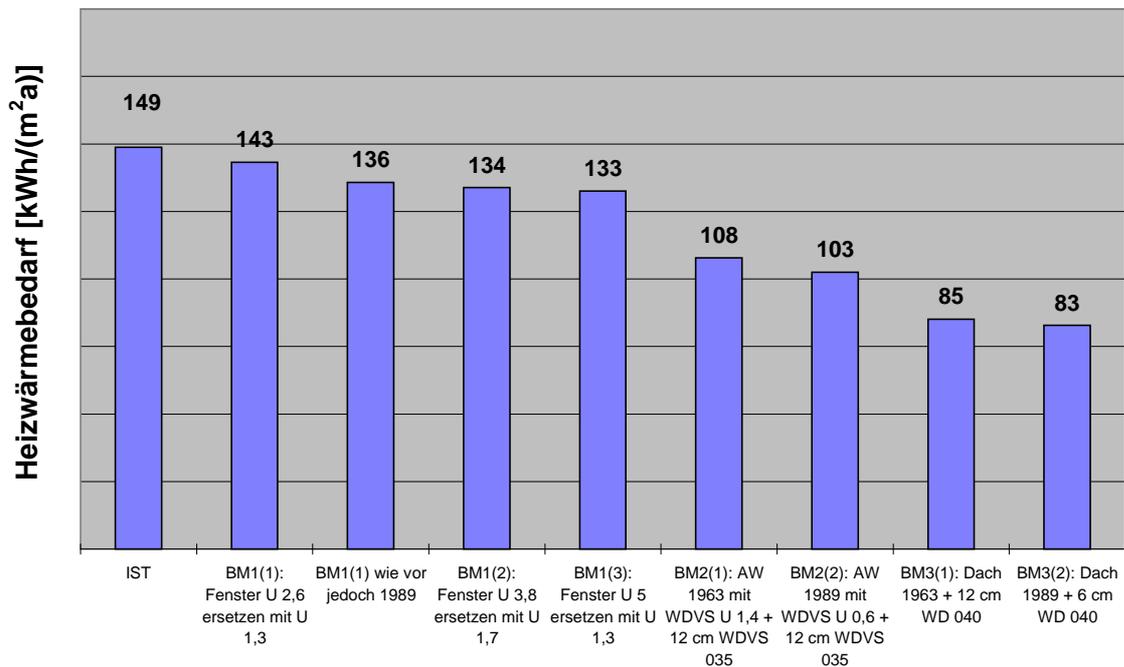
Heizwärmebedarf

nach Durchführung von Maßnahmen

Heizwärmebedarf

nach Durchführung von Maßnahmen

### Heizwärmebedarf nach Durchführung von Maßnahmen



Rahmendaten Wirtschaftlichkeit	Energieverbrauch			Einsparung je Maßn. in kWh/a			
	0,0 % Energiepreissteigerung (real)	absolut in kWh/a	EKW in kWh/(m²a)				
0,0 % kalk. Zins (real)							
IST		255.092	149	100			
BM1(1): Fenster U 2,6 ersetzen mit U 1,3		245.637	143	96	9.455		
BM1(1) wie vor jedoch 1989		232.858	136	91	12.779		
BM1(2): Fenster U 3,8 ersetzen mit U 1,7		229.676	134	90	3.182		
BM1(3): Fenster U 5 ersetzen mit U 1,3		227.383	133	89	2.293		
BM2(1): AW 1963 mit WDVS U 1,4 + 12 cm WDVS 035		184.990	108	73	42.393		
BM2(2): AW 1989 mit WDVS U 0,6 + 12 cm WDVS 035		175.861	103	69	9.129		
BM3(1): Dach 1963 + 12 cm WD 040		146.009	85	57	29.852		
BM3(2): Dach 1989 + 6 cm WD 040		142.069	83	56	3.940		
		0	0	0	142.069		
		0	0	0	0		
<b>Summe der Maßnahmen</b>		<b>146.009</b>	<b>85</b>	<b>57</b>	<b>255.092</b>		

Tübingen, August 2007

GHS RV-Oberzell, Neubau 1963/1989

**GHS RV-Oberzell, Neubau 1963/1989**

Arbeitsblatt für Grafiken

Verbr. o.WW

IB ebök

Beheizte Fläche	1715	korr.Fläche	1715	255092
-----------------	------	-------------	------	--------

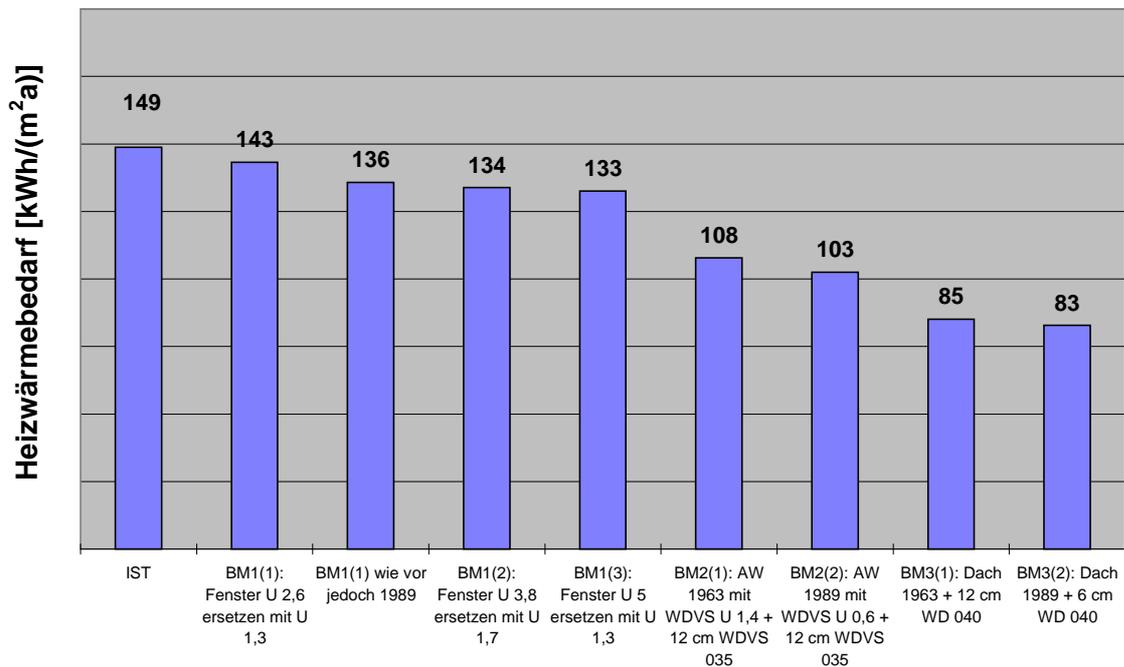
Heizwärmebedarf

nach Durchführung von Maßnahmen

Heizwärmebedarf

nach Durchführung von Maßnahmen

### Heizwärmebedarf nach Durchführung von Maßnahmen



Rahmendaten Wirtschaftlichkeit	Energieverbrauch			Einsparung je Maßn. in kWh/a
	0,0 % Energiepreissteigerung (real)	absolut in kWh/a	EKW in kWh/(m²a)	
0,0 % kalk. Zins (real)			in %	
IST		255.092	149	100
BM1(1): Fenster U 2,6 ersetzen mit U 1,3		245.637	143	96
BM1(1) wie vor jedoch 1989		232.858	136	91
BM1(2): Fenster U 3,8 ersetzen mit U 1,7		229.676	134	90
BM1(3): Fenster U 5 ersetzen mit U 1,3		227.383	133	89
BM2(1): AW 1963 mit WDVS U 1,4 + 12 cm WDVS 035		184.990	108	73
BM2(2): AW 1989 mit WDVS U 0,6 + 12 cm WDVS 035		175.861	103	69
BM3(1): Dach 1963 + 12 cm WD 040		146.009	85	57
BM3(2): Dach 1989 + 6 cm WD 040		142.069	83	56
		0	0	0
		0	0	0
<b>Summe der Maßnahmen</b>		<b>146.009</b>	<b>85</b>	<b>57</b>
Tübingen, August 2007				

GHS RV-Oberzell, Neubau 1963/1989

# Schussentahalle, Ravensburg

Arbeitsblatt für Grafiken

Beheizte Fläche	1714	korr.Fläche	1714	Verbr. o.WW	259596
-----------------	------	-------------	------	-------------	--------

IB ebök

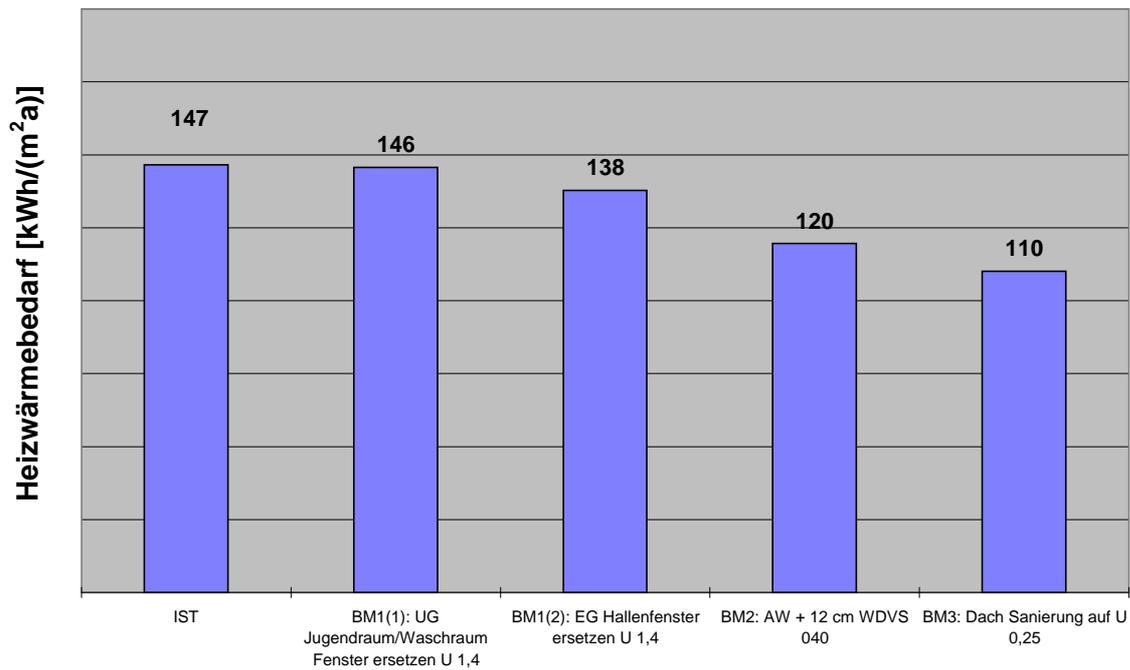
Heizwärmebedarf

nach Durchführung von Maßnahmen

Heizwärmebedarf

nach Durchführung von Maßnahmen

## Heizwärmebedarf nach Durchführung von Maßnahmen



Rahmendaten Wirtschaftlichkeit	Energieverbrauch			Einsparung je Maßn. in kWh/a			
	0,0 % Energiepreissteigerung (real)	absolut in kWh/a	EKW in kWh/(m²a)				
0,0 % kalk. Zins (real)							
IST		259.596	147	100			
BM1(1): UG Jugendraum/Waschraum Fenster ersetzen U 1,4		258.034	146	99	1.562		
BM1(2): EG Hallenfenster ersetzen U 1,4		243.966	138	94	14.068		
BM2: AW + 12 cm WDVS 040		211.784	120	82	32.182		
BM3: Dach Sanierung auf U 0,25		194.880	110	75	16.904		
<b>Summe der Maßnahmen</b>		<b>194.880</b>	<b>110</b>	<b>75</b>	<b>64.716</b>		

Tübingen, August 2007

Schussentahalle, Ravensburg