

# Machbarkeitsstudie zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung in den städtischen Liegenschaften der Stadt Waiblingen

## Teil I

### Grobdiagnose





## **Inhalt Teil I - Grobdiagnose**

<b>1</b>	<b>Problematik</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Methodik</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Begriffe</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Rechenverfahren</b>	<b>5</b>
2.2.1	Wärmebedarfsberechnung	5
2.2.2	Wirtschaftlichkeitsberechnung	5
<b>3</b>	<b>Grobdiagnose</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Einzelauswertung</b>	<b>11</b>
3.1.1	Rathaus Neustadt	11
3.1.2	Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule	18
3.1.3	Friedensschule Neustadt - Sporthalle	26
3.1.4	Friedensschule Neustadt - Realschule	33
3.1.5	Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule	39
3.1.6	Salier-Schulzentrum - Gymnasium	46
3.1.7	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	53
3.1.8	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	60
3.1.9	Staufer-Schulzentrum - Realschule	68
3.1.10	Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle	75
3.1.11	Volkshochschule	81
3.1.12	Hallenbad Waiblingen	88
3.1.13	Hartwaldhalle Hegnach	94
3.1.14	Turnhalle Hegnach	100
3.1.15	Bauhof Waiblingen	107
3.1.16	Bürgerzentrum Waiblingen	117
3.1.17	Feuerwehr Waiblingen	124
3.1.18	Museum Waiblingen	131
3.1.19	Stadtgärtnerei	138
3.1.20	Villa Roller	145
3.1.21	Rangfolge der Energiesparmaßnahmen	151
<b>3.2</b>	<b>Sammelauswertung</b>	<b>160</b>
3.2.1	Verbrauchs- und Kostenstruktur Heizenergie	160
3.2.2	Verbrauchs- und Kostenstruktur Strom	168
3.2.3	Verbrauchs- und Kostenstruktur Wasser	171
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>174</b>



## 1 Problematik

Die Stadt Waiblingen bewirtschaftet ca. 200 Gebäude. Diese Gebäude kann man, nach dem Kriterium der gemeinsamen Versorgung durch eine Heizungsanlage zu Objekten zusammenfassen. Aus diesen Objekten wurden vom Auftraggeber nach Kriterien wie Sanierungsbedarf, Energieverbrauch und vorhandenem Energie-Controlling zunächst 20 Objekte ausgewählt, die der Grobanalyse unterzogen wurden. Weitere 22 Objekte, die bisher schon im Energiecontrolling der Stadt geführt wurden, sind in einer Bewertung ergänzend einbezogen worden.

Für die untersuchten Gebäude werden in Einzelberichten der Ist-Zustand dargestellt und Schwachstellen beschrieben. Für mögliche Sanierungsmaßnahmen werden die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung sowie die Kosten aufgezeigt. Eine Aufzählung der Möglichkeiten zur Nutzung Erneuerbarer Energien runden die Objektberichte ab.

In Sammelauswertungen können nach den Kriterien Emissionsminderungspotenzial (Tonnen CO<sub>2</sub>), Energieeinsparung (kWh) und Kosten pro vermiedener Tonne CO<sub>2</sub> Prioritätenlisten, in denen alle Liegenschaften enthalten sind, erstellt werden. Damit ist nun möglich, die Gesamtinvestitionen zu ermitteln und einen integralen Sanierungsplan für die nächsten 5 – 10 Jahre aufzustellen. Ebenso kann dann damit dargestellt werden, welches Engagement im Sanierungsbereich der öffentlichen Liegenschaften aufgewendet werden muss, um die gesteckten Ziele zur CO<sub>2</sub>-Reduktion erreichen zu können.



## 2 Methodik

### 2.1 Begriffe

In der vorliegenden Ausarbeitung werden verschiedene Kennwerte für Teile oder das Gesamtsystem "Gebäude und Wärmeversorgung" ermittelt, die eine Bewertung nach unterschiedlichen Kriterien ermöglichen. Folgende Kennwerte werden verwendet:

- Die geeignete Größe zur Beurteilung der energetischen Qualität des Baukörpers einschließlich Luftaustausch ist der **Heizwärmebedarf**. Er beschreibt die für die Raumheizung erforderliche Nutzwärme und errechnet sich aus der Summe von Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Gewinne.
- Die Energiekosten werden auf Basis des **Endenergiebedarfs** berechnet. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die als Heizöl, Erdgas, Strom und weiterer Energieträger dem Objekt von außen zugeführt werden muss.
- Die Berechnung von **CO<sub>2</sub>-Emissionen** erlaubt eine Einschätzung des Beitrags zum Treibhauseffekt. Als Grundlage dienen der Endenergiebedarf und die Emissionsfaktoren der jeweils verwendeten Energieträger.

### 2.2 Rechenverfahren

#### 2.2.1 Wärmebedarfsberechnung

Die Kalkulationsmethode basiert auf der europäischen Norm DIN EN 832. Darin wird für das Gebäude eine Energiebilanz erstellt, wobei sowohl die Gebäudeparameter (Wärmeschutz des Gebäudes) als auch die Effizienz der Heizungsanlage einfließen.

#### 2.2.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067<sup>1</sup> durchgeführt.

Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen sind in die Zukunft orientiert. Sie weisen zwangsläufig Unsicherheiten auf, die es hinreichend einzugrenzen gilt.

In einer Wirtschaftlichkeitsberechnung werden Ausgaben und Einnahmen gegeneinander verrechnet. Da Ausgaben und Einnahmen nicht zur gleichen Zeit anfallen, muss jeweils auch deren Zeitpunkt berücksichtigt werden. Dazu werden die Zinsen für Investitionen über den Annuitätsfaktor in die Berechnung einbezogen.

Mit der Annuitätenmethode werden die durchschnittlichen jährlichen Einsparungen (oder die Mehrkosten) einer Maßnahme über einen Betrachtungszeitraum (Lebensdauer der Maßnahme) ermittelt. Werden mehrere Sanierungsmaßnahmen betrachtet, so können deren jeweilige mittlere Einsparungen bzw. Kosten verglichen werden und die Grundlage für eine Investitionsentscheidung bilden.

---

<sup>1</sup> VDI 2067, Blatt 1 – Beiblatt: Berechnung der Kosten für Wärmeversorgungsanlagen. Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen. Wirtschaftlichkeitsberechnungsverfahren.

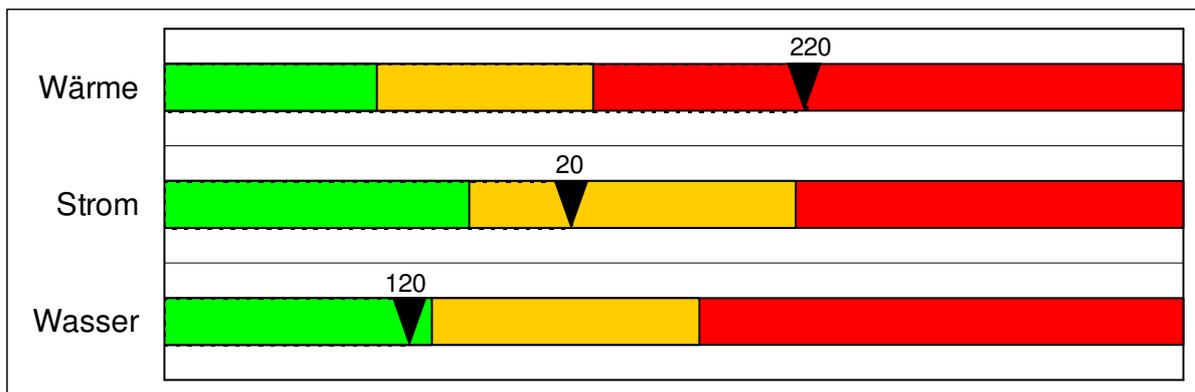
### 3 Grobdiagnose

Aus ca. 200 Gebäude der Stadt Waiblingen wurden vom Auftraggeber nach Kriterien wie Sanierungsbedarf, Energieverbrauch und vorhandenem Energie-Controlling zunächst 20 Objekte ausgewählt, die einer Grobanalyse unterzogen wurden.

Für die untersuchten Gebäude werden im Folgenden in der **Einzelauswertung** die Einzelberichte dargestellt. Darin wird der Energieverbrauch des Gebäudes beschrieben und der Energieverbrauch über die Energiekennzahl bewertet. Die Energiekennzahl berechnet sich aus dem witterungsbereinigten Jahresenergieverbrauch und der so genannten Energiebezugsfläche.

Der jährliche Energieverbrauch pro Quadratmeter ist eine ähnliche Vergleichsgröße wie der Benzinverbrauch eines Autos pro 100 km. Damit lassen sich Gebäude ähnlicher Nutzung miteinander vergleichen.

Der Vergleichswert des jeweiligen Gebäudes ist in einem farbig unterteilten Bandtacho dargestellt. Darin bedeutet die Lage innerhalb der grünen Markierung einen guten und innerhalb der roten Markierung einen schlechten Energiekennwert.



Im oben gezeigten Beispiel ist die Wärmekennwert mit 220 kWh/m<sup>2</sup> im roten Bereich. Dies bedeutet, dass der Verbrauch höher ist, als der mittlere Verbrauch von Gebäuden ähnlicher Nutzung. Der Stromkennwert mit 20 kWh/m<sup>2</sup> liegt im gelben Bereich und damit zwischen dem Mittelwert und dem Zielwert. Der Wasserverbrauchswert ist besser als der Zielwert und demzufolge im grünen Bereich.

Maßgeblich für den Energieverbrauch sind die Energieverluste über die Gebäudehülle. Die energetische Güte eines Bauteils wird über den Wärmedurchgangskoeffizient charakterisiert. Der Wärmedurchgangskoeffizient - auch Wärmedämmwert, U-Wert oder früher k-Wert genannt - gibt die Energiemenge an, die in einer Stunde durch eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> fließt, wenn sich die Lufttemperaturen zwischen innen und außen um 1 K (Kelvin = 1 °C) unterscheiden. Je geringer der U-Wert ist, umso weniger Energie geht durch dieses Bauteil verloren. Als Vergleich zu den vorhandenen U-Werten ist ein Zielwert angegeben, der vom klimapolitischen Handlungsprogramm der Stadt Waiblingen bei Sanierungen von Einzelbauteilen in städtischen Gebäuden vorgegeben ist. Der Wert entspricht den EnEV-Vorgaben minus 30%. Nachfolgende Tabelle zeigt die entsprechenden Werte der EnEV und die um 30% reduzierten Werte für verschiedene Bauteile.

Tabelle 3-1: Maximale U-Werte für Bauteile

Bauteil	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen > 19°C		Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis < 19°C	
	maximaler Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>max</sub> in W/(m <sup>2</sup> ·K)			
1	EnEV	EnEV – 30%	EnEV	EnEV – 30%
Außenwände	0,45	0,315	0,75	0,525
	0,35	0,245	0,75	0,525
Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster	1,7	1,19	2,8	1,96
Verglasungen	1,5	1,05	keine Anforderung	
Vorhangfassaden	1,9	1,33	3,0	2,1
Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	2,0	1,4	2,8	1,96
Sonderverglasungen	1,6	1,12	keine Anforderung	
Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	2,3	1,61	3,0	2,1
Außentüren	2,9	2,03	2,9	2,03
Decken, Dächer und Dachschrägen	0,3	0,21	0,4	0,28
Flachdächer	0,25	0,175	0,4	0,28
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	0,4	0,28	keine Anforderung	

Die Aufteilung der Transmissionswärmeverluste ist in einem Kuchendiagramm aufgezeigt. Die Bauteile, die am meisten Verluste verursachen lassen sich damit leicht ausfindig machen.

Energetische Schwachstellen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik werden aufgeführt und mögliche Sanierungsmaßnahmen aufgezeigt. Anschließend zeigen Tabellen die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung sowie die Kosten, die sich in Zusammenhang mit der Sanierung ergeben.

Die Tabellen „Energie und Emissionen“ ist folgendermaßen aufgebaut:

Tabelle 3-2: Beispieltabelle „Energie und Emissionen“

Wärmeschutz	Heizwärmeverbrauch	Trinkwärmeverbrauch	Gesamt-Heizwärmeverbrauch	Wirkungsgrad	Endenergieverbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kW h/a]	[kW h/a]	[kW h/a]	[-]	[kW h/a]	[kW h/a]	[%]	[kg/kW h]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	340.000		340.000	0,9	377.778			0,254	96,0		
Außenwände dämmen	300.000		300.000	0,9	333.333	44.444	11,8	0,254	84,7	11,3	11,8
Fenster erneuern	277.000		277.000	0,9	307.778	70.000	18,5	0,254	78,2	17,8	18,5
Kellerdecke dämmen	322.400		322.400	0,9	358.222	19.556	5,2	0,254	91,0	5,0	5,2
überhängende Decken dämmen	331.000		331.000	0,9	367.778	10.000	2,6	0,254	93,4	2,5	2,6
Dachschrägen dämmen	313.300		313.300	0,9	348.111	29.667	7,9	0,254	88,4	7,5	7,9
<b>Heizung</b>											
	Heizwärmeverbrauch	Trinkwärmeverbrauch	Gesamt-Heizwärmeverbrauch	Wirkungsgrad	Endenergieverbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kW h/a]	[kW h/a]	[kW h/a]	[-]	[kW h/a]	[kW h/a]	[%]	[kg/kW h]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	340.000		340.000	0,9	377.778			0,254	96,0		
Gas-Brennwertkessel	340.000		340.000	1	340.000	37.778	10,0	0,254	86,4	9,6	10,0
Holzpelletkessel	340.000		340.000	0,8	425.000	-47.222	-12,5	0,029	12,3	83,6	87,2
<b>Strom</b>											
					Endenergieverbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
					[kW h/a]	[kW h/a]	[%]	[kg/kW h]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand					30.300			0,641	19,4		
Beleuchtung sanieren					28.500	1.800	5,9	0,641	18,3	1,2	5,9

Die Tabelle ist in die Bereiche „Wärmeschutz“, „Heizung“ und „Strom“ aufgeteilt.

- Heizwärmeverbrauch: Der Heizwärmeverbrauch wird durch die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste sowie die Wärmegewinne in Folge innerer Lasten und Solareinstrahlung bestimmt. Für die Wärmeschutzmaßnahmen ergibt sich durch verbesserte Dämmwerte ein geringerer Heizwärmeverbrauch. Im Abschnitt „Heizung“ ist der Heizwärmeverbrauch gegenüber dem Ist-Zustand nicht verändert.
- Trinkwarmwasserverbrauch: Der Wärmeverbrauch in Folge der Trinkwarmwasserbereitung wird - falls möglich - angegeben. Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand ergeben sich hier nur im Abschnitt „Heizung“.
- Gesamtwärmeverbrauch: Der Gesamtwärmeverbrauch ist die Summe aus Heizwärme- und Trinkwarmwasserverbrauch.
- Wirkungsgrad: Der Wirkungsgrad gibt an, welcher Anteil der aufgewendeten Energie in Nutzwärme für Beheizung oder Trinkwarmwasserbereitung umgesetzt wird.
- Endenergieverbrauch: Der Endenergieverbrauch ergibt sich durch Division des Gesamtwärmeverbrauchs durch den Jahres-Nutzungsgrad. Beim Strom wird die Endenergie entsprechend des Stromverbrauches angegeben.
- Energieeinsparung: Im Vergleich mit dem Energieverbrauch im Ist-Zustand wird die absolute (in kWh/a) und die prozentuale Energieeinsparung angegeben.
- CO<sub>2</sub>-Faktor: Je nach verwendetem Energieträger wird ein entsprechender CO<sub>2</sub>-Faktor verwendet, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Energieumwandlung entstehen, zu ermitteln. Es werden die CO<sub>2</sub>-Faktoren des Klimaschutz-plus-Förderprogramms übernommen.

Tabelle 3-3: CO<sub>2</sub>-Faktoren

Energieträger		Erdgas	Heizöl	Flüssig- gas	Holz- hack- schnittzel	Holz- pellets	RME (Biodiesel)	Rapsöl
CO <sub>2</sub> -Faktoren	[kg/kWh]	0,254	0,329	0,285	0,021	0,029	0,066	0,148

Energieträger		Strom	Fernwärme			Nahwärme		
			0%	35%	70%	0%	0%	35%
CO <sub>2</sub> -Faktoren	[kg/kWh]	0,641	0,408	0,321	0,217	0,325	0,325	0,126

- CO<sub>2</sub>-Emission: Über den Endenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Faktoren werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet.
- CO<sub>2</sub>-Einsparung: Im Vergleich mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen im Ist-Zustand wird die CO<sub>2</sub>-Einsparung der Maßnahmen absolut (in kg/a) und prozentual angegeben.

Die Tabellen „Kosten“ ist folgendermaßen aufgebaut:

Tabelle 3-4: Beispieltabelle "Kosten"

Wärmeschutz	Investitions-kosten	Lebens-dauer	Kapital-kosten	Energie-preis	Energie-kosten	Betriebs-kosten	Gesamt-kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> -Einsparung	Energiepreis-Grenzwert	Investitions-kosten-Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	€/kWh	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				5,13	19.282	19.282	19.282				
Außenwände dämmen	217.500	50	10.125	5,13	17.015	17.015	27.140	-7.858	700	22,89	48.700
Fenster erneuern	246.000	50	11.451	5,13	15.711	15.711	27.162	-7.881	445	16,44	76.700
Kellerdecke dämmen	29.000	50	1.350	5,13	18.285	18.285	19.635	-353	71	6,94	21.400
überhängende Decken dämmen	16.900	50	787	5,13	18.769	18.769	19.556	-274	108	7,86	11.000
Dachschrägen dämmen	215.600	50	10.036	5,13	17.767	17.767	27.803	-8.521	1.135	33,95	32.500
<b>Heizung</b>											
	[€]	[a]	[€/a]	€/kWh	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				5,13	19.281	19.281	19.281	0			
Gas-Brennwertkessel	60.000	50	2.793	5,13	17.353	17.353	20.146	-865	90	7,42	41.400
Holzpelletkessel	80.000	25	5.121	4,00	15.934	15.934	21.055	-1.773	21	3,55	52.300
<b>Strom</b>											
	[€]	[a]	[€/a]	€/kWh	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				16,60	5.030	5.030	5.030				
Beleuchtung sanieren	6.500	20	478	16,60	4.731	4.731	5.209	-179	156	26,57	4.100

- Investitionskosten: Die Investitionskosten werden nach Richtwerten abgeschätzt.
- Lebensdauer: Für Maßnahmen im Wärmeschutz werden 50 Jahre und für heizungstechnische Maßnahmen 20 Jahre Lebensdauer angesetzt.
- Kapitalkosten: Die Kapitalkosten berechnen sich über die Annuitätenrechnung mit einem Basiszinssatz von 4%.
- Energiepreis: Es wird ein mittlerer Energiepreis über 20 Jahre berechnet. Die Randbedingungen dazu sind der Energiepreis von 2005, der Basiszins von 4% und Energiepreissteigerungen von 5%/a.
- Energiekosten: Die Energiekosten sind das Produkt aus Energieverbrauch und Energiepreis.
- Gesamtkosten: Die Gesamtkosten werden aus den Kapital und den Energiekosten berechnet. Weitere Betriebs- und Wartungskosten werden in diesem Ansatz nicht berücksichtigt.
- Einsparung bzw. Mehrkosten: Im Vergleich mit den Gesamtkosten im Ist-Zustand werden die Kosteneinsparung bzw. die Mehrkosten der Maßnahmen angegeben.
- Kosten der CO<sub>2</sub>-Einsparung: Bei Mehrkosten werden diese auf die CO<sub>2</sub>-Einsparung umgelegt, so dass entsprechend CO<sub>2</sub>-Minderungskosten berechnet werden können.
- Energiepreis-Grenzwert: Der Energiepreis-Grenzwert gibt an, wie hoch der Energiepreis einer Maßnahme sein darf, damit diese keine Mehrkosten gegenüber dem Ist-Zustand verursacht.
- Investitionskosten-Grenzwert: Der Investitionskosten-Grenzwert gibt an, wie hoch die Investitionskosten einer Maßnahme sein dürfen, damit diese keine Mehrkosten gegenüber dem Ist-Zustand verursacht.

Eine Aufzählung der Möglichkeiten zur Nutzung Erneuerbarer Energien runden die Objektberichte ab.

Weitere 22 Objekte, die bisher schon im Energiecontrolling der Stadt geführt wurden, sind in der **Sammelauswertung** einbezogen.

In Sammelauswertungen können nach den Kriterien Emissionsminderungspotenzial (Tonnen CO<sub>2</sub>), Energieeinsparung (kWh) und Kosten pro vermiedener Tonne CO<sub>2</sub> Prioritätenlisten, in denen alle Liegenschaften enthalten sind, erstellt werden. Damit



ist nun möglich, die Gesamtinvestitionen zu ermitteln und einen integralen Sanierungsplan für die nächsten 5 – 10 Jahre aufzustellen. Ebenso kann dann damit dargestellt werden, welches Engagement im Sanierungsbereich der öffentlichen Liegenschaften aufgewendet werden muss, um die gesteckten Ziele zur CO<sub>2</sub>-Reduktion erreichen zu können.

### 3.1 Einzelauswertung

#### 3.1.1 Rathaus Neustadt

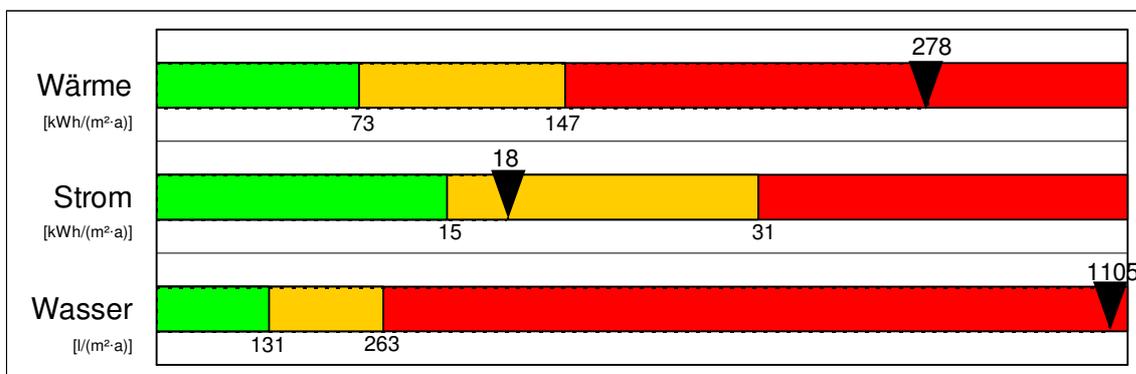
Basisdaten:

Anschrift: Beim Rathaus 1, 71334 Waiblingen  
 Baujahr: ca. 1967  
 Gebäudetyp: Rathaus, Feuerwehrgerätehaus, Geschäfte und Wohnung  
 Bruttovolumen: 7.756 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 1.685 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 2.991 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-5: Verbrauchsdaten und Kennzahl Rathaus Neustadt

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas	kWh	376.227	278
Strom	Allgemeinstrom	kWh	30.358	18
Wasser		m <sup>3</sup>	1.862	1.105



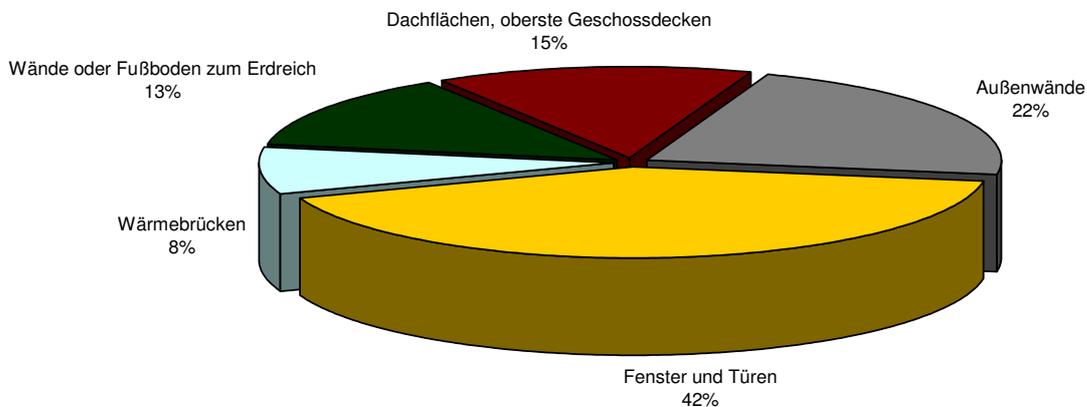
Gebäudehülle:

Stahlbeton-Massivbau  
 Wände: Massivbeton  
 Decken: Massivbeton  
 Steildach Kupferverkleidung

Tabelle 3-6: U-Werte Rathaus Neustadt

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel U-Wert
Kellerdecke	362,4	1,50	0,280
Fußboden EG zum Erdreich	82,0	1,10	0,280
Außenwände	819,2	0,78	0,245
Fenster	351,5	3,50	1,190
Türe	37,9	3,50	2,030
Dach	862,6	0,60	0,210
Decke zur Außenluft	141,1	0,97	0,210
Außenwände zum Erdreich	268,9	0,76	0,280
Außenwände zu Unbeheizt	29,4	1,40	0,280
Feuerwehrtore	36,6	3,50	-

Abbildung 3-1: Aufteilung der Wärmeverluste Rathaus Neustadt



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Zwei Gas- Brennwertkessel: Viessmann Vertomat, Bj. 1994.  
 Heizungsverteiler mit sieben Heizkreisen.  
 Wärmemengenmessung am Heizkreis Lüftung.  
 Zu-/Abluft-Lüftungsanlage für den Sitzungssaal  
 DDC-Steuerung mit Modemverbindung zum Leitrechner im Hochbauamt

Stromverbraucher:

Heizungsumwälzpumpen  
 Lüftungsventilatoren  
 Bürotechnik  
 Beleuchtung

### Schwachstellen:

- Thermisch nicht entkoppelte Aluminium-Fensterrahmen. Dadurch ergeben sich hohe Transmissionswärmeverluste und ein negatives Behaglichkeitsempfinden infolge niedriger Oberflächentemperatur.



- Ungedämmte Decken nach unten gegen Außenluft unter beheizten Flächen.



- Ganztägige Beleuchtung der Verkehrswege.



- Sehr hoher Wasserverbrauch.  
Der Wasserverbrauch liegt auch für ein zum Teil als Feuerwehrgerätehaus benutztes Gebäude auf sehr hohem Niveau.

### Kommentar:

- Das Gebäude wird unterschiedlich genutzt. Verwaltungsgebäude mit Publikumverkehr (Ortsamt), Feuerwehr, gewerbliche Nutzung (Fahrschule und Friseur), wirtschaftliche Nutzung (Wohnung).
- Die Energieverbräuche der unterschiedlichen Nutzer werden nicht getrennt erfasst.
- Der Wasserverbrauch der Vorjahre war mit 500 – 900 m<sup>3</sup> erheblich geringer als im betrachteten Jahr 2005.



Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-7: Sanierungsmaßnahmen Rathaus Neustadt

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,21
Fenster und Türen erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Kellerdecke dämmen	zus. Dämmung 12 cm; WLG 040	0,28
Überhängende Decken dämmen	zus. Dämmung 15 cm; WLG 040	0,21
Dachschräge dämmen	zus. Dämmung 12 cm; WLG 040	0,21
<b>Heizung</b>		
Holzpelletkessel	Wechsel des Energieträgers. Ersatz des bestehenden Gaskessels durch einen Holzpelletkessel. Einrichten Holzpelletlager.	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	

Tabelle 3-8: Energieverbrauch und Emissionen Rathaus Neustadt

<b>Wärmeschutz</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	376.200		376.200	1	376.227		0,254	95,6		
Außenwände dämmen	331.900		331.900	1	306.500	44.327	0,254	84,3	11,3	11,8
Fenster erneuern	306.500		306.500	1	356.700	69.727	0,254	77,9	17,7	18,5
Kellerdecke dämmen	356.700		356.700	1	366.200	19.527	0,254	90,6	5,0	5,2
überhängende Decken dämmen	366.200		366.200	1	346.700	10.027	0,254	93,0	2,5	2,7
Dachschrägen dämmen	346.700		346.700	1		29.527	0,254	88,1	7,5	7,8
<b>Heizung</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a] <td>[kg/kWh]</td> <td>[t/a]</td> <td>[t/a]</td> <td>[%]</td>	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	376.200		376.200	1	376.200		0,254	95,6		
Holzpelletkessel	376.200		376.200	0,85	442.588	-66.361	0,029	12,8	82,7	86,6
<b>Strom</b>	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung					
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]				
Ist-Zustand	30.358		0,641	19,5						
Beleuchtung sanieren	28.500	1.858	0,641	18,3	1,2	6,1				

Tabelle 3-9: Kosten und Einsparungen Rathaus Neustadt

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				6,36	23.909	23.909				
Außenwände dämmen	217.500	50	10.125	6,36	21.092	31.217	-7.308	649	22,84	60.500
Fenster erneuern	246.000	50	11.451	6,36	19.478	30.929	-7.020	396	16,42	95.200
Kellerdecke dämmen	29.000	50	1.350	6,36	22.668	24.018	-109	22	6,91	26.700
überhängende Decken dämmen	16.900	50	787	6,36	23.272	24.059	-149	59	7,85	13.700
Dachschrägen dämmen	215.600	50	10.036	6,36	22.033	32.069	-8.160	1.088	33,99	40.300

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				6,36	23.908	23.908				
Holzpelletkessel	80.000	20	5.887	6,00	26.555	32.442	-8.533	103	4,07	-36.000

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	7.811	7.811				
Beleuchtung sanieren	6.500	20	478	25,73	7.333	7.811	0	0	25,74	6.500

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-10: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Rathaus Neustadt

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 340.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 84 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 150.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 18 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 340.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 40 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Süddach Nutzbare Dachfläche ca. 400 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 30 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 27.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 17 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 150.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 75.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 41 t/a

Empfehlungen:

- Zwischenzähler für die einzelnen Wärmeverbraucher installieren.
- Wärmeverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Kellerdecke dämmen.
- Decken gegen Außenluft dämmen.
- Heizungsanlage genauer untersuchen.

### 3.1.2 Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule

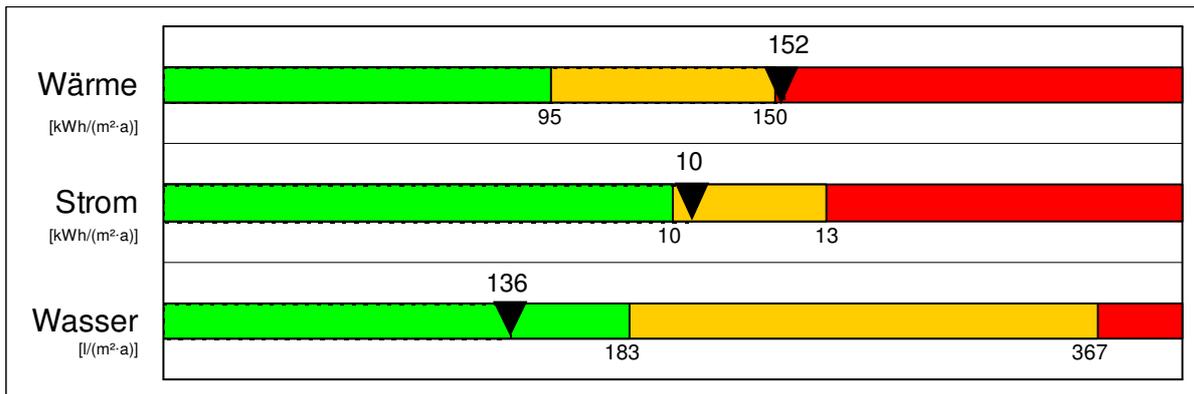
Basisdaten:

Anschrift: Ringstraße 26 - 32, 71334 Waiblingen  
 Baujahr: 1959  
 Gebäudetyp: Grund- und Hauptschule  
 Bruttovolumen: 12.921 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 3.435 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 6.740 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-11: Verbrauchsdaten und Kennzahl Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas	kWh	424.676	152
Strom	Allgemeinstrom	kWh	35.537	10
Wasser		m <sup>3</sup>	468	136



Hauptgebäude:

Wände: Massiv

Fenster: Isolierverglasung/Holzrahmen und Wärmeschutzverglasung/Kunststoffrahmen

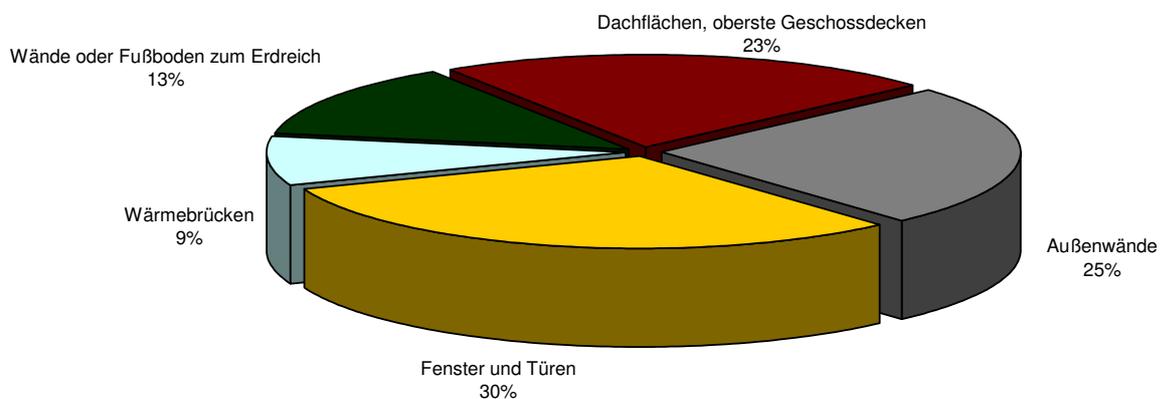
Decken: Massivdecken

Steildach Ziegelerdeckung

Tabelle 3-12: U-Werte Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Außenwände	976,9	0,94	0,245
Kellerdecke	313,1	0,88	0,280
Fußboden unbeheizt	421,7	1,03	0,280
Fenster alt	342,6	2,70	1,190
Fenster neu	74,8	1,50	1,190
Glasbausteine	23,7	3,50	1,190
Dachfläche	222,2	1,01	0,210
Oberste Geschossdecke	643,1	1,16	0,210

Abbildung 3-2: Aufteilung der Wärmeverluste Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule



Nebengebäude:

Wände: Massiv

Fenster: Isolierverglasung/Holzrahmen

Decken: Massivdecken

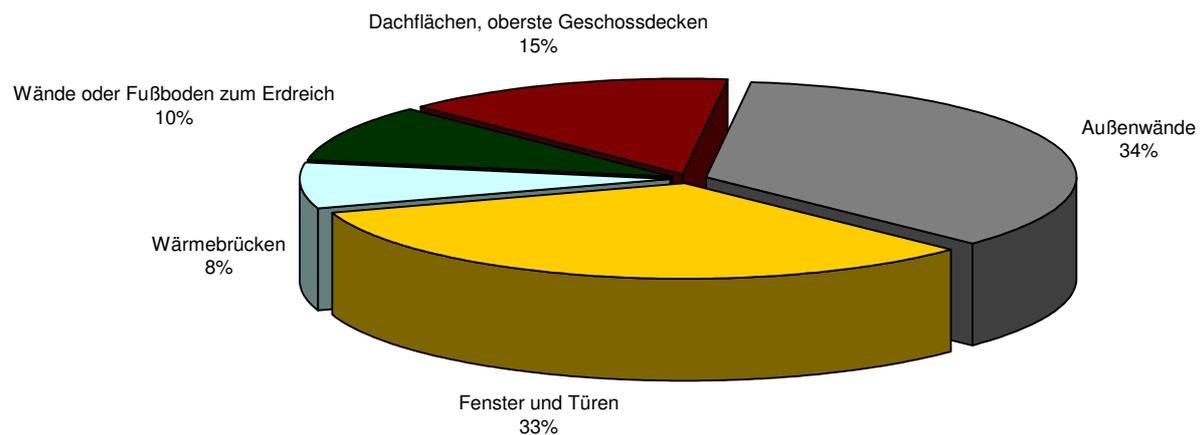
Steildach Ziegeldeckung

Wärmeschutz der Bauteile:

Tabelle 3-13: U-Werte Friedensschule Neustadt – Pavillons

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Außenwände	1560,8	1,06	0,245
Fußboden unbeheizt	728,3	1,03	0,280
Fenster	525,3	2,70	0,245
Profilitverglasung	45,5	2,70	0,210
Dachfläche	107,3	1,01	0,210
Oberste Geschosdecke	621,0	1,16	1,190

Abbildung 3-3: Aufteilung der Wärmeverluste Friedensschule Neustadt – Pavillons



Heizung und Warmwasserbereitung:

Gas-Warmwasserheizung mit Brennwertkessel und NT-Kessel.

Stromverbraucher:

Beleuchtung

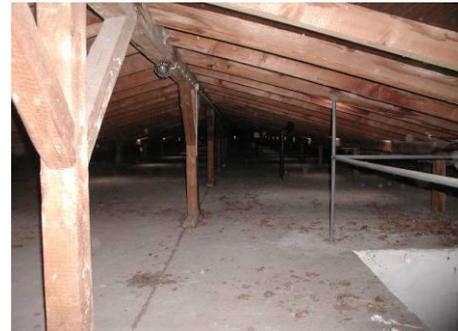
Heizungsumwälzpumpen

Tabelle 3-14: Beleuchtung Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule

Hauptgebäude	14 Klassenzimmer mit 8 Leuchten mit je 2 Leuchtstofflampen bzw. 6 Leuchten mit je 2 Leuchtstofflampen	ca.15 kW
Nebengebäude	je 6 Klassenzimmer mit 8 Leuchten mit je 2 Leuchtstofflampen bzw. 6 Leuchten mit je 2 Leuchtstofflampen	ca.20 kW
Gesamt:		ca.35 kW

### Schwachstellen:

- Überhängende Decke nach unten gegen Außenluft im Bereich des unteren Schulhofes.
- Oberste Geschossdecke nicht gedämmt. Leichte Zugänglichkeit. Dämmung problemlos möglich.
- Kellerdecke nicht gedämmt. Leichte Zugänglichkeit. Dämmung problemlos möglich.



### Kommentar:

- Das Objekt besteht aus einem Haupt- und drei Nebengebäude (Pavillons).
- Zentrale Wärmeversorgung für alle Gebäude im Hauptgebäude mit Wärmeversorgungsleitungen zu den Nebengebäuden.
- Die Wärme-, Strom- und Wasserverbräuche von Haupt- und Nebengebäuden werden nicht getrennt erfasst.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-15: Sanierungsmaßnahmen Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,23
Fenster und Türen erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Kellerdecke dämmen (Hauptgebäude)	zus. Dämmung 10 cm; WLG 040	0,27
Fußboden dämmen (Nebengebäude)	zus. Dämmung 8 cm; WLG 030	0,27
Oberste Geschossdecke dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 035	0,21
Dach dämmen (Musiksaal und Treppenhäuser der Nebengebäude)	zus. Dämmung 14 cm; WLG 035	0,20
<b>Heizung</b>		
Holzackschnitzelkessel	Holzackschnitzelkessel zur Grundlastdeckung (seit Ende September 2007 in Betrieb).	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	

Tabelle 3-16: Energieverbrauch und Emissionen\_Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule

<b>Wärmeschutz</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand		382.200		382.200	0,9	424.676			0,254	107,9		
Außenwände dämmen		285.000		285.000	0,9	316.667	108.009	25,4	0,254	80,4	27,4	25,4
Fenster erneuern		332.300		332.300	0,9	369.222	55.454	13,1	0,254	93,8	14,1	13,1
Kellerdecke/Fußboden dämmen		362.600		362.600	0,9	402.889	21.787	5,1	0,254	102,3	5,5	5,1
Oberste Geschossdecke dämmen		337.400		337.400	0,9	374.889	49.787	11,7	0,254	95,2	12,6	11,7
Dach dämmen		369.100		369.100	0,9	410.111	14.565	3,4	0,254	104,2	3,7	3,4
<b>Heizung</b>												
		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand		382.200		382.200	0,9	424.667			0,254	107,9		
Holzhackschnitzelkessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)		382.200		382.200	0,8	477.750	-53.074	-12,5	0,021	10,0	97,8	90,7
<b>Strom</b>												
		Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung					
		[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]				
Ist-Zustand		35.537			0,641	22,8						
Beleuchtung sanieren		18.000	17.537	49,3	0,641	11,5	11,2	49,3				

Tabelle 3-17: Kosten und Einsparungen Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				6,46	27.449	27.449				
Außenwände dämmen	695.700	50	32.385	6,46	20.468	52.853	-25.404	926	29,98	150.000
Fenster erneuern	655.900	50	30.532	6,46	23.865	54.397	-26.948	1.913	55,06	77.000
Kellerdecke/Fußboden dämmen	243.600	50	11.340	6,46	26.041	37.380	-9.931	1.795	52,05	30.300
Oberste Geschosdecke dämmen	151.700	50	7.062	6,46	24.231	31.293	-3.844	304	14,18	69.100
Dach dämmen	70.400	50	3.277	6,46	26.508	29.785	-2.336	631	22,50	20.200

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				6,46	27.448	27.448				
Holzhackschnittkessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	110.000	20	8.094	4,00	19.110	27.204	245	-	4,05	113.300

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	9.144	9.144				
Beleuchtung sanieren	35.000	20	2.575	25,73	4.631	7.207	1.937	-	14,69	61.300

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soweit muss die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Holzhackschnittkessel anteilig.

### 3.1 Einzelauswertung – Friedensschule Neustadt-Grund- und Hauptschule

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-18: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Friedensschule Neustadt  
 – Grund- und Hauptschule

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holzhackschnittzanlage Wärmeerzeugung ca. 380.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 100 t/a <b>bereits realisiert:</b> seit Ende September 2007 in Betrieb
Alternativ: Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 260.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 30 t/a
Alternativ/Ergänzend: Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 380.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 65 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf den Hallendach Nutzbare Dachfläche ca. 300 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 10 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 9.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 6 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 260.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 130.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 71 t/a

Empfehlungen:

- Zwischenzähler für die einzelnen Wärmeverbraucher installieren.
- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.

### 3.1.3 Friedensschule Neustadt - Sporthalle

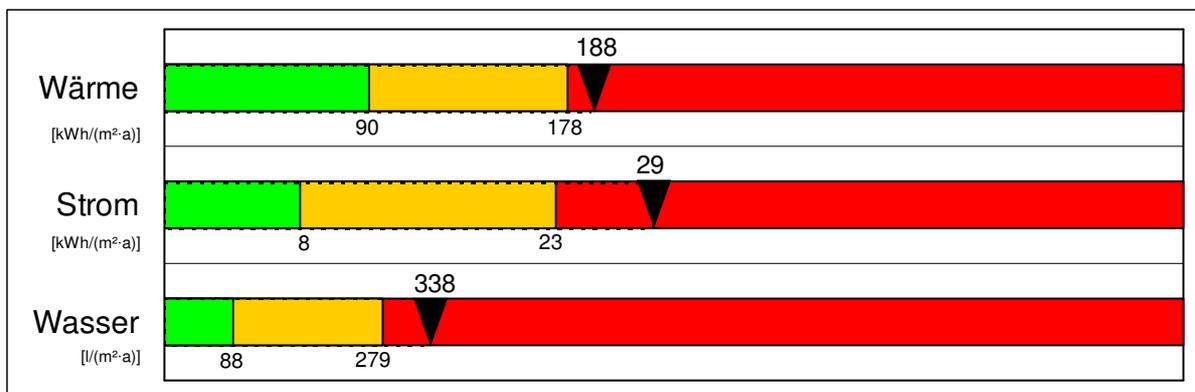
Basisdaten:

Anschrift:	Ringstraße 36, 71334 Waiblingen
Baujahr:	1977
Gebäudetyp:	Sporthalle
Bruttovolumen:	14.627 m <sup>3</sup> (beheizt)
Brutto-Nutzfläche:	2.573 m <sup>2</sup> (beheizt)
Umfassungsflächen:	5.632 m <sup>2</sup>



Tabelle 3-19: Verbrauchsdaten und Kennzahl Friedensschule Neustadt - Sporthalle

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas	kWh	275.594	188
Strom	Allgemeinstrom	kWh	gemeinsam mit Realschule (181.618)	(29)
Wasser		m <sup>3</sup>	607	338



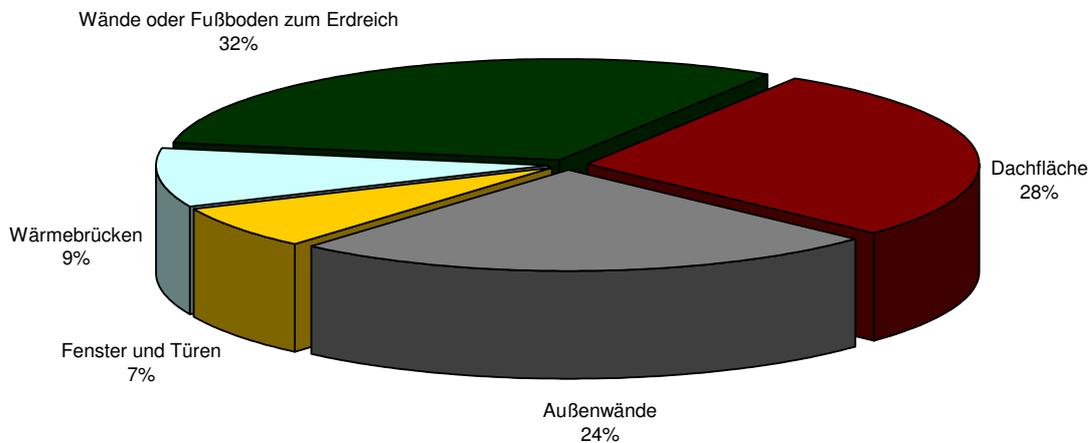
Gebäudehülle:

Stahlbeton-Skelettbauweise  
 Wandelemente aus Betonfertigteilen  
 Sportboden auf Beton-Fundamentdecke in der Halle  
 Estrich auf Beton-Fundamentdecke im UG Gerätrräume  
 Estrich auf Kellerdecke im EG Foyer  
 Flachdach mit aufliegender Dämmung

Tabelle 3-20: U-Werte Friedensschule Neustadt – Sporthalle

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Kellerdecke	244,0	1,50	-
Fußboden zum Erreich	1737,4	1,22	-
Außenwände	959,1	1,49	0,525
Fenster	109,2	3,20	1,960
Türe	26,7	3,20	2,030
Dach	2145,1	0,35	0,175/0,280
Decke zur Außenluft	45,6	0,97	-
Außenwände zum Erreich	254,3	1,66	-
Außenwände zu Unbeheizt	110,2	3,00	-

Abbildung 3-4: Aufteilung der Wärmeverluste Friedensschule Neustadt – Sporthalle



Heizung und Warmwasserbereitung:

Elektrisch beheizte Warmwasserheizung (seit Sept. 2006 im Nahwärmeverbund mit Gaskessel und zus. seit Ende Sept. 2007 Holzhackschnitzelkessel)  
 Z. Zt. Umbau auf Gas-Warmwasserheizung mit Brennwertkessel.  
 Warmwasserbereitung über solarthermische Anlage

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
 Heizungsumwälzpumpen  
 Lüftungsventilatoren

Tabelle 3-21: Beleuchtung Friedensschule Neustadt – Sporthalle

Halle	108 Leuchten mit je 4 Leuchtstofflampen	31,1 kW
Umkleiden und Duschen	3 Kabinen mit je 8 Leuchten mit Leuchtstofflampen	1,7 kW
Flure im EG	2 Flure mit je 3 Leuchten	0,4 kW
Flur im OG	14 Leuchten mit Energiesparlampen	0,2 kW
Gesamt:		33,4 kW

Schwachstellen:

- Lichtbänder mit Leuchtstofflampen in der Halle auch bei genügend hoher Helligkeit in Betrieb.
- Mit der Heizungssanierung 2006 wurden Heizkörper eingebaut. Dabei wurde auch ein Heizkörper im Windfang installiert. Der Heizkörper an dieser Stelle führt zu hohen Wärmeverlusten bei geöffneter Türe. Dabei ist ein häufiges Öffnen der Außentüre während des Schulbetriebes zu beobachten.
- Fenster mit thermisch nicht entkoppelten Aluminiumrahmen
- Luftheizungsanlage zur Wärmeversorgung der Halle. Systembedingt hoher Aufwand für die Wärmeverteilung.





Kommentar:

- Bis 2005 Wärmeversorgung über elektrische Direktheizung. Umbau auf wasserführende Heizung mit Nahwärmenetz für die Gebäude Grund- und Hauptschule, Realschule und Sporthalle.
- Die Stromverbräuche von Sporthalle und Realschule wurden bis September 2006 nicht getrennt erfasst.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-22: Sanierungsmaßnahmen Friedensschule Neustadt – Sporthalle

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,24
Fenster und Türen erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Kellerdecke dämmen	zus. Dämmung 12 cm; WLG 040	0,27
Flachdach dämmen	zus. Dämmung 12 cm; WLG 040	0,17
überhängende Decken dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 030	0,18
<b>Heizung</b>		
Gasbrennwertkessel	Gasbrennwertkessel 100 kW zur alleinigen Wärmebereitung (seit September 2006 in Betrieb)..	
Holz hackschnitzelkessel	Holz hackschnitzelkessel 100 kW zur Grundlastdeckung (seit Ende September 2007 in Betrieb)..	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	

Tabelle 3-23: Energieverbrauch und Emissionen Friedensschule Neustadt - Sporthalle

<b>Wärmeschutz</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	267.300	8.300	275.600	1	275.594		0,641	176,7		
Außenwände dämmen	209.000	8.300	217.300	1	217.300	58.294	0,641	139,3	37,4	21,2
Fenster erneuern	258.200	8.300	266.500	1	266.500	9.094	0,641	170,8	5,8	3,3
Kellerdecke dämmen	261.100	8.300	269.400	1	269.400	6.194	0,641	172,7	4,0	2,2
überhängende Decken dämmen	266.200	8.300	274.500	1	274.500	1.094	0,641	176,0	0,7	0,4
<b>Heizung</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	267.300	8.300	275.600	1	275.600		0,641	176,7		
Gas-Brennwert- und NT-Kessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	267.300	8.300	275.600	1	275.600	-6	0,254	70,0	106,7	60,4
Hoizhackschnitzelkessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	267.300	8.300	275.600	0,8	344.500	-68.906	0,029	10,0	166,7	94,3
<b>Strom</b>	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung					
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]				
Ist-Zustand	51.618		0,641	33,1						
Beleuchtung sanieren	32.000	19.618	0,641	20,5	12,6	38,0				

Tabelle 3-24: Kosten und Einsparungen Friedensschule Neustadt - Sporthalle

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/t <sub>CO2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				9,66	26.613	26.613				
Außenwände dämmen	217.500	50	10.125	9,66	20.984	31.108	-4.496	120	17,37	120.900
Fenster erneuern	246.000	50	11.451	9,66	25.735	37.186	-10.573	1.814	125,92	18.900
Kellerdecke dämmen	29.000	50	1.350	9,66	26.015	27.365	-752	189	21,79	12.800
überhängende Decken dämmen	16.900	50	787	9,66	26.507	27.294	-681	971	71,91	2.300

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/t <sub>CO2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				9,66	26.613	26.613				
Gas-Brennwert- und NT-Kessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	90.000	25	5.761	6,50	17.914	23.675	2.938	-	4,60	135.900
Holzackschnitzkessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	120.000	25	7.681	4,00	13.780	21.461	5.151	-	5,50	200.500

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/t <sub>CO2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	13.281	13.281				
Beleuchtung sanieren	26.000	20	1.913	25,73	8.234	10.147	3.135	-	9,75	68.600

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Holzackschnitzkessel anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-25: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Friedensschule Neustadt – Sporthalle

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holz hackschnitzelanlage Wärmeerzeugung ca. 250.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 170 t/a <b>bereits realisiert:</b> seit Ende September 2007 in Betrieb
Alternativ: Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 40 t/a
Alternativ/Ergänzend: Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 250.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 135 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Hallendach Nutzbare Dachfläche ca. 300 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 10 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 9.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 6 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 40.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 25 t/a

Empfehlungen:

- Wärmeverbrauch kontrollieren und analysieren
- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Möglichkeit untersuchen, die Heizkörper hinter Eingangstüre stillzulegen.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.4 Friedensschule Neustadt - Realschule

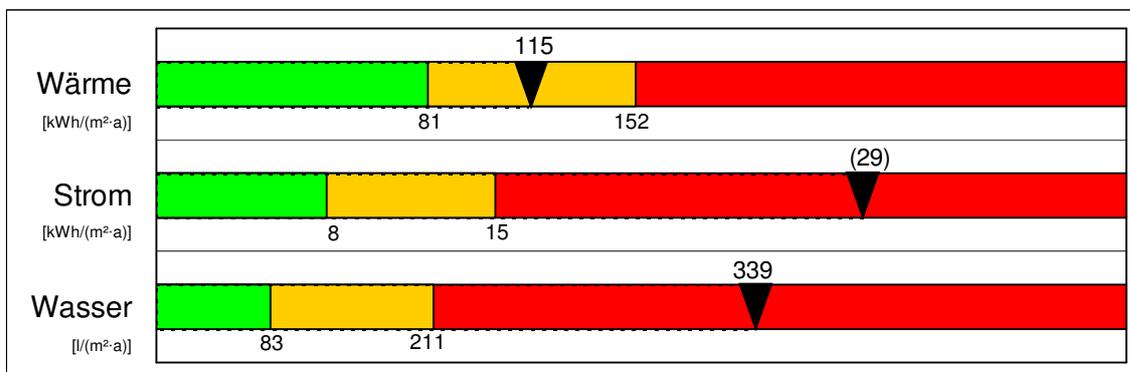
Basisdaten:

Anschrift: Ringstraße 34, 71334 Waiblingen  
 Baujahr: 1975  
 Gebäudetyp: Realschule  
 Bruttovolumen: 17.584 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 4.544 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 5.767 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-26: Verbrauchsdaten und Kennzahl Friedensschule Neustadt - Realschule

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas	kWh	417.600	142
Strom	Allgemeinstrom	kWh	gemeinsam mit Sporthalle (181.618)	(29)
Wasser		m <sup>3</sup>	1512	339



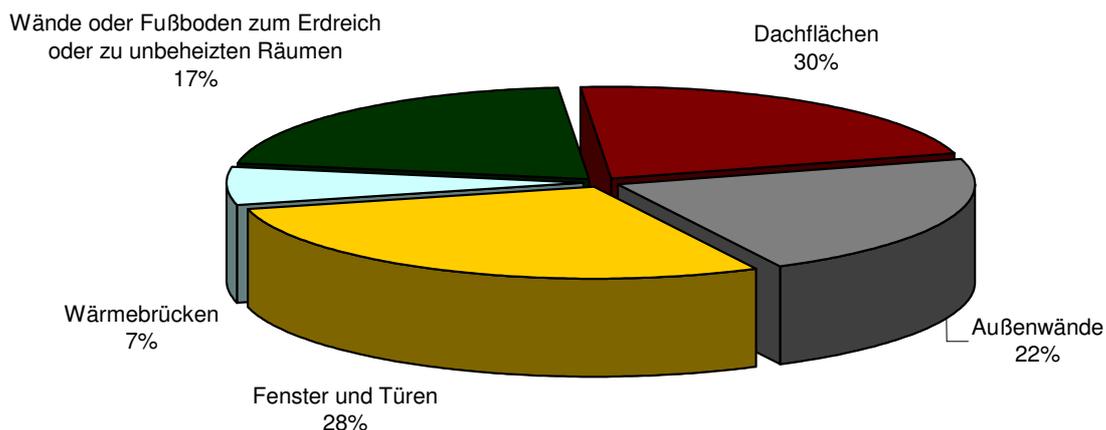
Gebäudehülle:

Wände: Beton-Massivbau  
 Fenster: Isolierverglasung/Holzrahmen  
 Decken: Beton-Massivdecken  
 Flachdach Bitumenabdichtung

Tabelle 3-27: U-Werte Friedensschule Neustadt – Realschule

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	EnEV-U-Wert
Fußboden UG zum Erdreich	1828,8	1,20	0,280
Kellerdecke	168,0	1,40	0,280
Außenwände	1155,4	1,30	0,245
Fenster	707,0	2,70	1,190
Dachfläche	1889,3	0,80	0,175
Oberlichter	18,5	3,50	-

Abbildung 3-5: Aufteilung der Wärmeverluste Friedensschule Neustadt – Realschule



Heizung und Warmwasserbereitung:

Elektrisch beheizte Warmwasserheizung (seit Sept. 2006 im Nahwärmeverbund mit Gaskessel und zus. seit Ende Sept. 2007 Holzhackschnitzelkessel))  
 Z. Zt. Umbau auf Gas-Warmwasserheizung mit Brennwertkessel.

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
 Heizungsumwälzpumpen

Tabelle 3-28: Beleuchtung Friedensschule Neustadt – Realschule

EG	Klassenzimmer, Fachräume und Flure ca. 450 Leuchtstofflampen á 72 W	32 kW
1. OG	Klassenzimmer, Lehrerzimmer, Rektorat und Flure ca. 410 Leuchtstofflampen á 72 W	30 kW
2. OG	Klassenzimmer, und Flure ca. 200 Leuchtstofflampen á 72 W	14 kW
Gesamt:		76 kW

Schwachstellen:

- Brüstungsbereiche schlecht dämmbar.



- Flachdächer nicht saniert..



Kommentar:

- Bis 2005 Wärmeversorgung über elektrische Direktheizung. Umbau auf wasserführende Heizung mit Nahwärmenetz für die Gebäude Grund- und Hauptschule, Realschule und Sporthalle.
- Die Stromverbräuche von Sporthalle und Realschule wurden bis September 2006 nicht getrennt erfasst.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-29: Sanierungsmaßnahmen Friedensschule Neustadt – Realschule

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 0350	0,21
Fenster und Türen erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Dach dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 030	0,17
<b>Heizung</b>		
Gas-Brennwert- und NT-Kessel mit Nahwärmeversorgung	Gas-Brennwert- und NT-Kessel mit Nahwärmeversorgung	
Holzhackschnitzelkessel mit Nahwärmeversorgung	Holzhackschnitzelkessel zur Grundlastdeckung und Gas-Brennwert- und NT-Kessel zur Spitzenlastdeckung mit Nahwärmeversorgung	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	

Tabelle 3-30: Energieverbrauch und Emissionen\_Friedensschule Neustadt – Realschule

	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
						[kWh/a]	[%]		[t/a]	[%]
<b>Wärmeschutz</b>										
Ist-Zustand	417.600		417.600	1	417.600			267,7		
Außenwände dämmen	352.400		352.400	1	352.400	65.200	15,6	225,9	41,8	15,6
Fenster erneuern	370.000		370.000	1	370.000	47.600	11,4	237,2	30,5	11,4
Dach dämmen	360.700		360.700	1	360.700	56.900	13,6	231,2	36,5	13,6
<b>Heizung</b>										
Ist-Zustand	417.600		417.600	1	417.600			267,7		
Gas-Brennwert- und NT-Kessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	417.600		417.600	1	417.600			106,1	161,6	60,4
Holzhackschnittkessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	417.600		417.600	0,8	522.000	-104.400	-25,0	11,0	256,7	95,9
<b>Strom</b>										
Ist-Zustand								83,3		
Beleuchtung sanieren					80.000	50.000	38,5	51,3	32,1	38,5

Tabelle 3-31: Kosten und Einsparungen Friedensschule Neustadt – Realschule

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Betriebs- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/t <sub>CO2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				9,38	39.160	39.160	39.160				
Außenwände dämmen	298.000	50	13.872	9,38	33.046	33.046	46.918	-7.758	186	21,28	131.300
Fenster erneuern	318.200	50	14.812	9,38	34.697	34.697	49.509	-10.349	339	31,12	95.900
Dach dämmen	415.700	50	19.351	9,38	33.825	33.825	53.176	-14.015	384	34,01	114.600

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Betriebs- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/t <sub>CO2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				9,38	39.160	39.160	39.160				
Gas-Brennwert- und NT-Kessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	80.000	20	5.887	6,50	27.144	27.144	33.031	6.130	-		163.300
Holzhackschmitzelkessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	120.000	20	8.830	4,00	20.880	20.880	29.710	9.451	-	5,81	248.400

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Betriebs- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/t <sub>CO2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	33.449	33.449	33.449				
Beleuchtung sanieren	100.000	20	7.358	25,73	20.584	20.584	27.942	5.507	-	14,72	174.800

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Holzhackschmitzelkessel anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-32: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Friedensschule Neustadt – Realschule

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holz hackschnitzelanlage Wärmeerzeugung ca. 420.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 130 t/a <b>bereits realisiert:</b> seit Ende September 2007 in Betrieb
Alternativ: Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 260.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 50 t/a
Alternativ/Ergänzend: Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 420.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 80 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Flachdach Nutzbare Dachfläche ca. 1000 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 30 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 27.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 18 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 260.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 130.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 80 t/a

Empfehlungen:

- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.5 Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule

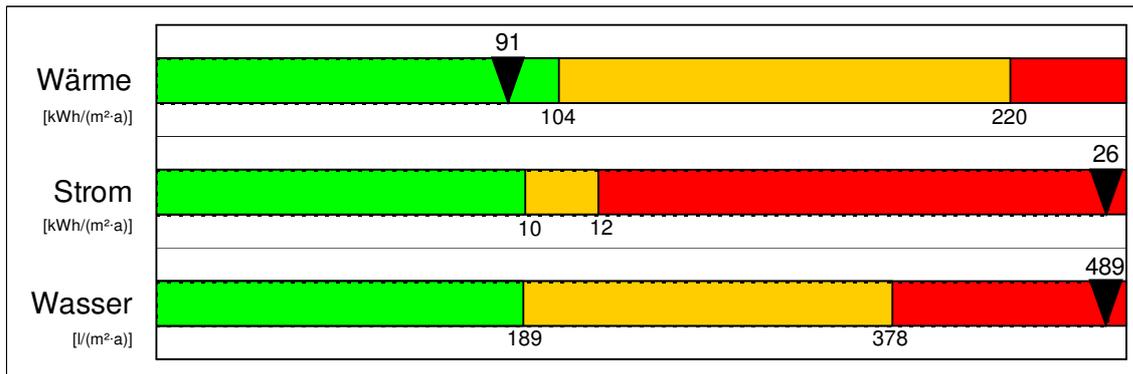
Basisdaten:

Anschrift: Im Sämann 76  
 Baujahr: 1978/Erweiterung 2000  
 Gebäudetyp: Grund- und Hauptschule  
 Bruttovolumen: 16.948 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 5.157 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 10.779 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-33: Verbrauchsdaten und Kennzahl Salier-Schulzentrum – Grund- und Hauptschule

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Nahwärme	kWh	380.190	91
Strom	Allgemeinstrom	kWh	133.200	26
Wasser		m <sup>3</sup>	2.521	489



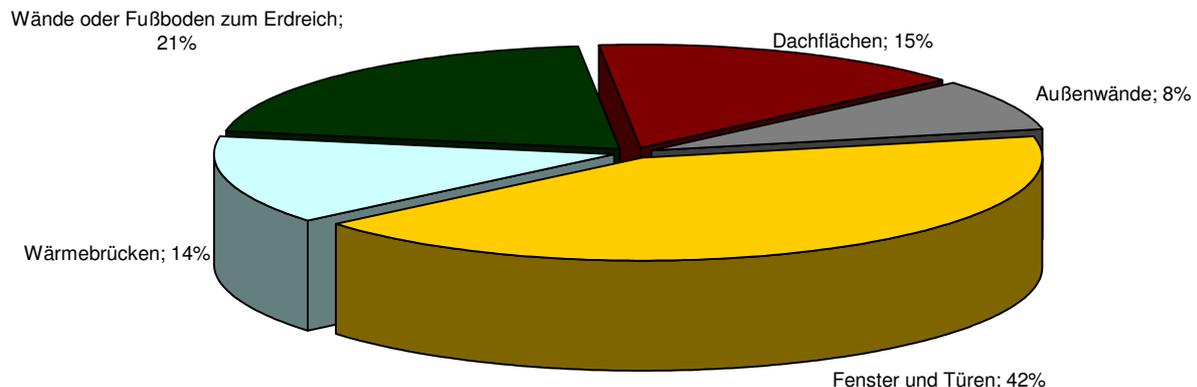
Gebäudehülle:

- Holz-Skelettbauweise
- Wandelemente aus Fensterelementen
- Beton-Fundamentdecke
- Kellerdecke im Bauabschnitt
- Flachdach mit aufliegender Dämmung

Tabelle 3-34: U-Werte Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Kellerdecken Hauptgebäude	199,8	0,85	0,280
Kriechkeller Hauptgebäude	3161,0	0,85	0,280
Außenwände (Holz) Hauptgebäude	708,7	0,65	0,245
Außenwände (Beton) Hauptgebäude	40,9	0,65	0,245
Fenster Hauptgebäude	865,9	2,60	1,190
Türen Hauptgebäude	124,8	2,62	2,030
Dach Hauptgebäude	3318,1	0,30	0,175
Lichtkuppeln Hauptgebäude	43,1	2,70	-
Fußboden E4	745,9	0,40	0,280
Außenwände E4	368,7	0,35	0,245
Fenster E4	402,2	1,50	1,190
Dach E4	799,6	0,25	0,175

Abbildung 3-6: Aufteilung der Wärmeverluste Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule



### Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Anschluss an Nahwärmeversorgung in der Salier-Realschule.

Wärmemengenmessung an der Sekundärseite.

Heizungsverteiler mit fünf Heizkreisen.

Zu-/Abluft-Lüftungsanlage für Ganztagesbetreuung.

Indirekt beheizter Warmwasserspeicher.

DDC-Steuerung mit Modemverbindung zum Leitrechner im Hochbauamt

### Stromverbraucher:

Heizungsumwälzpumpen

Beleuchtung (ca. 22 kW)

### Schwachstellen:

- Einscheibenverglasung in Eckbereichen zu den Innenhöfen. Dadurch ergeben sich erhöhte Transmissionswärmeverluste.



Heizungen z. T. direkt vor Verglasung. Hohe Abstrahlverluste nach außen.



- Dunkle Klassenzimmer mit wenig Tageslichteinfall durch Bewuchs direkt am Gebäude. Dadurch ständige Beleuchtung notwendig.



Kommentar:

- Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz für die Gebäude Salier-Grund- und Hauptschule, Salier-Realschule, Salier-Gymnasium, Turn- und Sporthalle.
- Das Flachdach wurde zu großen Teilen zwischen 2001 und 2003 saniert.
- An das Gebäude wurde 2000 ein Erweiterungsbau und 2005 eine Ganztageschule angebaut. 2002 wurde ein Werkstattgebäude errichtet, der an die Wärmeversorgung der Grund- und Hauptschule angeschlossen ist. Separate Zähler (Unterzähler) existieren nur für den Erweiterungsbau.
- Die Außenwände bestehen aus Fensterelementen mit Blindelementen. Diese sind mit einem herkömmlichen Wärmedämmverbundsystem nicht dämmbar.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-35: Sanierungsmaßnahmen Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Kellerdecke und Kriechkeller dämmen	zus. Dämmung 10 cm; WLG 040	0,28
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Pfosten-Riegel-Konstruktion	1,30
Außenwände dämmen	Opakelemente der Fenster ersetzen und dämmen	0,24
<b>Heizung</b>		
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	Einbindung eines Wärmeerzeugers mit erneuerbaren Energien in das Nahwärmesystem. Möglichkeiten bestehen durch Holzhackschnitzel- oder Pflanzenölkessel bzw. Pflanzenöl BHKW.	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten)	



Tabelle 3-37: Kosten und Einsparungen Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				11,1445	42.370	42.370				
Kellerdecke und Kriechkeller dämmen	205.600	50	9.571	11,1445	37.680	47.250	-4.880	357	22,74	100.800
Fenster erneuern	476.200	50	22.167	11,1445	36.955	59.122	-16.752	1.061	45,62	116.300
Außenwände dämmen	135.700	50	6.317	11,1445	41.079	47.395	-5.025	1.334	54,50	27.700

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				11,1445	42.371	42.371	-1			
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	150.000	19	11.421	12	45.624	57.045	-14.675	194	8,14	-42.700

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	34.272	34.272				
Beleuchtung sanieren	37.500	20	2.759	25,73	25.730	28.489	5.783	-	8,31	116.100

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Nahwärme anteilig.

### 3.1 Einzelauswertung – Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-38: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien\_Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holzhackschnitzelanlage mit ca. 80% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.500.000 – 1.800.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 480 – 580 t/a (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 770.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel mit ca. 35% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.100.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 550.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (davon Wärme: 180 t/a) (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Flachdach evtl. statische Ertüchtigung notwendig Dachfläche ca. 3.300 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 100 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 90.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 58 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.100.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 550.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (davon Strom: 260 t/a)

Empfehlungen:

- Zwischenzähler für die einzelnen Wärmeverbraucher installieren.
- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.
- Bewuchs am Gebäude zurückschneiden.

### 3.1.6 Salier-Schulzentrum - Gymnasium

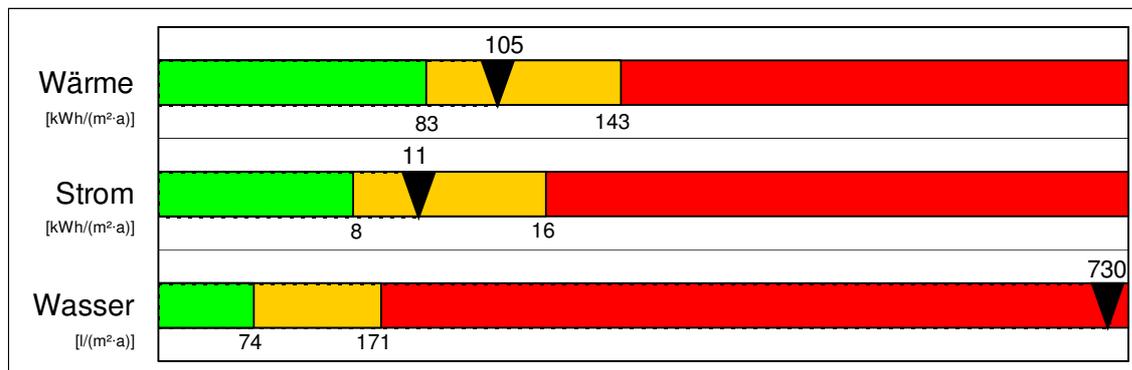
#### Basisdaten:

Anschrift: Im Sämann 32  
 Baujahr: 1978/Erweiterung 2000  
 Gebäudetyp: Gymnasium  
 Bruttovolumen: 24.204 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 7.525 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 15.962 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-39: Verbrauchsdaten und Kennzahl Salier-Schulzentrum - Gymnasium

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Nahwärme	kWh	642.700	105
Strom	Allgemeinstrom	kWh	79.965	11
Wasser		m <sup>3</sup>	5.497	730



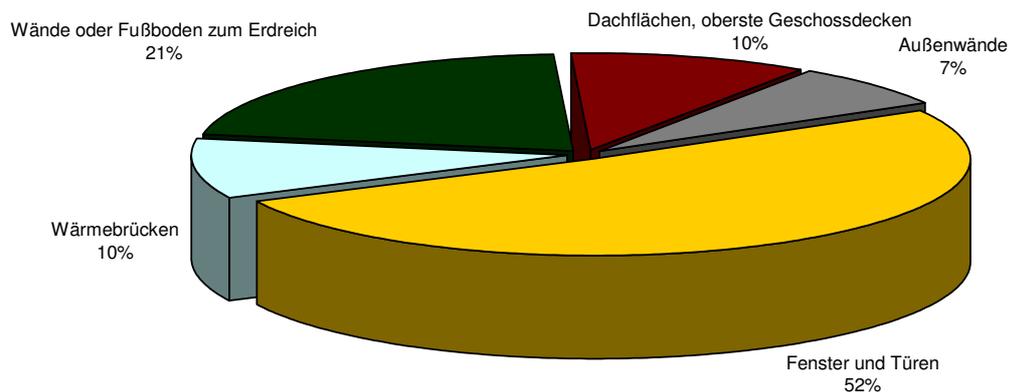
#### Gebäudehülle:

Stahlbeton-Skelettbauweise  
 Wandelemente aus Beton-Fertigelementen  
 Ausmauerung aus KS-Stein  
 Beton-Fundamentdecke  
 Kellerdecke Stahlbeton  
 Flachdach mit aufliegender Dämmung (Saniert 2005)

Tabelle 3-40: U-Werte Salier-Schulzentrum - Gymnasium

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden zum Erdreich	5437,0	0,95	0,280
Außenwände zum Erdreich	335,2	1,16	0,280
Außenwände	298,2	0,68	0,315
Fenster und Türen	67,4	2,80	1,190
Glasfassade	2521,4	2,80	1,190
Betonstürze	657,8	1,30	0,245
Dach	5580,6	0,23	0,175
Decke zur Außenluft	341,4	0,97	0,175
Glasdach	281,1	2,80	1,190
Fußboden WC Würfel	104,2	0,95	0,280
Außenwände WC Würfel	186,9	0,82	0,245
AW Beton WC Würfel	46,7	1,22	0,245
Dach WC Würfel	104,2	0,80	0,175

Abbildung 3-7: Aufteilung der Wärmeverluste Salier-Schulzentrum - Gymnasium



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Anschluss an Nahwärmeversorgung in der Salier-Realschule.  
 Wärmemengenmessung an der Sekundärseite.  
 Heizungsverteiler mit vier Heizkreisen.  
 DDC-Steuerung mit Modemverbindung zum Leitrechner im Hochbauamt.

Stromverbraucher:

Heizungsumwälzpumpen  
 Beleuchtung (ca. 30 kW)

### Schwachstellen:

- Fehlender Windfang an den Eingangstüren. Dadurch hohe Luftwechsel und erhöhte Lüftungswärmeverluste.
- Heizungen z. T. direkt vor Verglasung. Hohe Abstrahlverluste nach außen.
- Wand und Decke des Fahrradkellers unge-dämmt an beheizte Räume angrenzend. Hohe Wärmeverluste durch Auskühlung der Fahrradkellers.
- Schiebefenster in den Klassenzimmern. Hohe Luftwechsel und erhöhte Lüftungswärmeverluste durch nicht dicht abschließende Fugen.
- Wärmebrücken durch auskragende Betonträger.





Kommentar:

- Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz für die Gebäude Salier-Grund- und Hauptschule, Salier-Realschule, Salier-Gymnasium, Turn- und Sporthalle.
- Die Wärmeversorgung des Gymnasiums ist an einem gemeinsamen Strang mit der Turn- und der Sporthalle mit gemeinsamer Abrechnung über einen Wärmemengenzähler in der Heizzentrale (Realschule). Die Summe der einzelnen Wärmemengenzähler in den Gebäuden weist einen erheblich niedrigeren Verbrauch auf. Ursache dafür können Wärmeverluste in der Nahwärmeleitung zwischen Heizzentrale und den Gebäuden sein. Dies ist weiter zu untersuchen und gegebenenfalls die Nahwärmeleitung zu sanieren.
- Das Flachdach wurde 2005 saniert.
- Die Außenwände sind mit einem herkömmlichen Wärmedämmverbundsystem nur in Teilbereichen dämmbar. Auskragende Betonbauteile verhindern das Anbringen einer durchgehenden Dämmschicht.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-41: Sanierungsmaßnahmen Salier-Schulzentrum - Gymnasium

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	Innendämmung 8 cm, WLG 040	0,30
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Pfosten-Riegel-Konstruktion	1,30
Überhängende Decken dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 030	0,17
Glasdach erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Pfosten-Riegel-Konstruktion	1,30
<b>Heizung</b>		
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	Einbindung eines Wärmeerzeugers mit erneuerbaren Energien in das Nahwärmesystem. Möglichkeiten bestehen durch Holzhackschnitzel- oder Pflanzenölkesel bzw. Pflanzenöl BHKW.	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten)	

Tabelle 3-42: Energieverbrauch und Emissionen Salier-Schulzentrum - Gymnasium

<b>Wärmeschutz</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung		
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]	
Ist-Zustand	642.700		642.700	1	642.700			0,325	208,9			
Außenwände dämmen	636.900		636.900	1	636.900	5.800	0,9	0,325	207,0	1,9	0,9	
Fenster erneuern	463.200		463.200	1	463.200	179.500	27,9	0,325	150,5	58,3	27,9	
überhängende Decken dämmen	630.000		630.000	1	630.000	12.700	2,0	0,325	204,8	4,1	2,0	
Glasdach erneuern	623.200		623.200	1	623.200	19.500	3,0	0,325	202,5	6,3	3,0	
<b>Heizung</b>												
Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung			
[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]		
Ist-Zustand	642.700		1	642.700			0,325	208,9				
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	642.700		1	642.700			0,126	81,0	127,9	61,2		
<b>Strom</b>												
Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung							
[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]						
Ist-Zustand	79.965		0,650	52,0								
Beleuchtung sanieren	54.000	25.965	0,650	35,1	16,9	32,5						

Tabelle 3-43: Kosten und Einsparungen Salier-Schulzentrum - Gymnasium

<b>Wärmeschutz</b>										
	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				10,06	64.652	64.652				
Außenwände dämmen	80.400	50	3.743	10,06	64.069	67.812	-3.159	1.676	64,53	12.500
Fenster erneuern	559.800	50	26.059	10,06	46.596	72.654	-8.002	137	14,52	387.900
überhängende Decken dämmen	61.500	50	2.863	10,06	63.375	66.238	-1.585	384	22,54	27.400
Glasdach erneuern	140.500	50	6.540	10,06	62.691	69.231	-4.579	722	33,54	42.100
<b>Heizung</b>										
	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				10,06	64.652	64.652				
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	200.000	20	14.716	12,00	77.124	91.840	-27.188	213	7,77	-169.500
<b>Strom</b>										
	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				25,73	20.575	20.575				
Beleuchtung sanieren	50.000	20	3.679	25,73	13.894	17.573	3.002	-	14,17	90.800

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Nahwärme anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-44: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Salier-Schulzentrum -  
 Gymnasium

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holz hackschnitzelanlage mit ca. 80% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.500.000 – 1.800.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 480 – 580 t/a (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 770.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel mit ca. 35% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.100.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 550.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (davon Wärme: 180 t/a) (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Flachdach evtl. statische Ertüchtigung notwendig Dachfläche ca. 3.300 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 100 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 90.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 58 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.100.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 550.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (davon Strom: 260 t/a)

Empfehlungen:

- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.7 Salier-Schulzentrum - Sporthalle

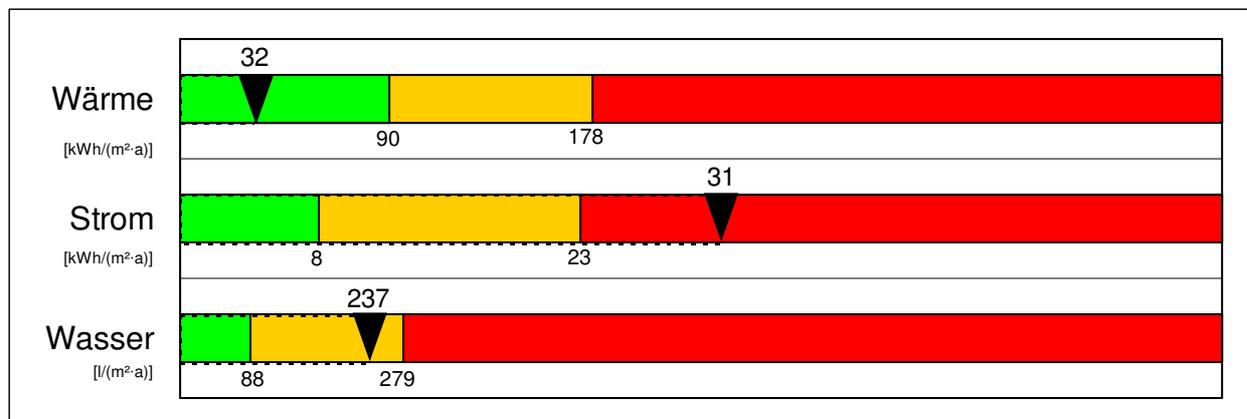
Basisdaten:

Anschrift: Im Sämann 36, 71334 Waiblingen  
 Baujahr: ca. 1976  
 Gebäudetyp: Sporthalle  
 Bruttovolumen: 14.836 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 2.393 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 5.336 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-45: Verbrauchsdaten und Kennzahl Salier-Schulzentrum - Sporthalle

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Nahwärme	kWh	61.950	32
Strom	Allgemeinstrom	kWh	74580	31
Wasser		m <sup>3</sup>	609	237



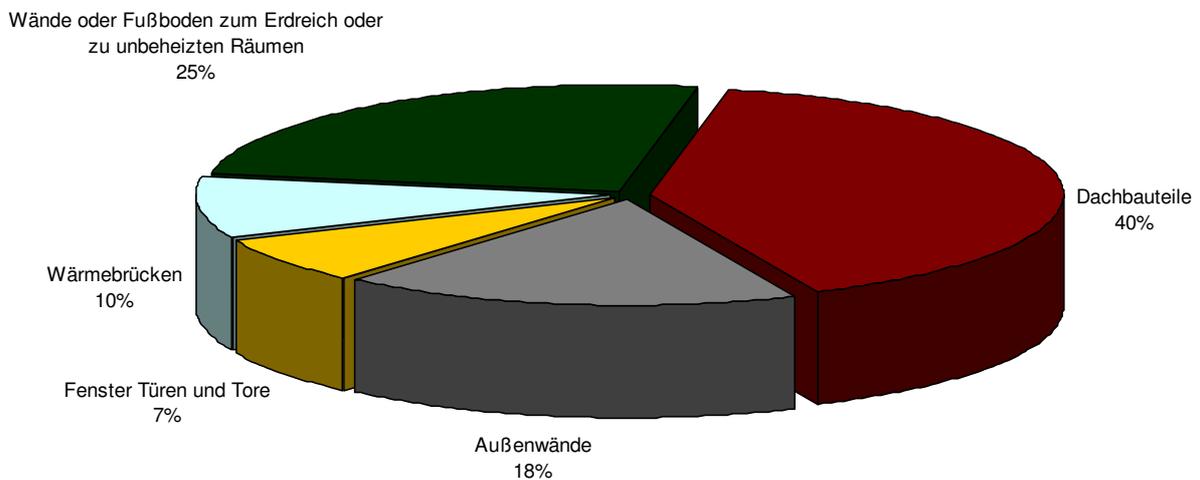
Gebäudehülle:

Stahl-Skelettbauweise  
 Wandelemente aus Betonfertigteilen  
 Sportboden auf Beton-Fundamentdecke in der Halle  
 Estrich auf Beton-Fundamentdecke im UG Geräteräume  
 Estrich auf Kellerdecke im EG Foyer  
 Flachdach mit aufliegender Dämmung

Tabelle 3-46: U-Werte

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden zum Erdreich	1775,3	1,15	-
Decke nach oben zur AL	37,4	0,80	0,280
Außenwände	1093,4	0,85	0,525
Fenster	71,7	3,20	1,960
Türe	22,6	3,20	2,030
Dach	1456,5	0,79	0,280
Decke zur Außenluft	388,3	1,66	-
Außenwände zum Erdreich	24,1	3,58	-
Tore	385,6	2,80	-
Lichtkuppeln/Oberlichter	388,3	1,66	-

Abbildung 3-8:Aufteilung der Wärmeverluste Salier-Schulzentrum - Sporthalle



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Anschluss an Nahwärmeversorgung in der Salier-Realschule.  
 Wärmemengenmessung an der Sekundärseite.  
 Heizungsverteiler mit fünf Heizkreisen.  
 Lüftheizungsanlage 3-stufig.  
 Flächenheizkörper in den Umkleiden, Duschen und im Foyer  
 DDC-Steuerung mit Modemverbindung zum Leitrechner im Hochbauamt.  
 Über Plattenwärmetauscher beheizter Warmwasserspeicher 1500 l.  
 Duschwassermischer

Tabelle 3-47: Beleuchtung Salier-Schulzentrum - Sporthalle

Halle 1	44 Leuchten mit je 4 Leuchtstofflampen	12,6 kW
Halle 2	24 Leuchten mit je 4 Leuchtstofflampen	6,9 kW
Gymnastikhalle	9 Leuchten mit je 4 Leuchtstofflampen	2,6 kW
Umkleiden/Duschen	33 Leuchten mit je 2 Leuchtstofflampen	4,8 kW
Gesamt:		26,6 kW

Alle Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten (14 W) und T16 Leuchtstofflampen mit (58 W).

Stromverbraucher:

Heizungsumwälzpumpen  
 Lüftungsventilatoren

Schwachstellen:

- Überhängende Bauteile und auskragende Decken. Damit vergrößerte wärmeübertragender Umfassungsfläche und Wärmebrücken.
- Außenwände aus Waschbeton-Fertigelementen mit hervorstehenden Betonrippen. Beseitigung von Wärmebrücken bei Dämmung der Außenwände nur schwer möglich.
- Dach noch nicht saniert.
- Beleuchtung mit Leuchtstofflampen und magnetischen Vorschaltgeräten.
- Luftheizungsanlage zur Wärmeversorgung der Halle. Systembedingt hoher Aufwand für die Wärmeverteilung.



Kommentar:

- Die Sporthalle weist einen im Vergleich mit ähnlichen Hallen sehr niedrigen Wärmeverbrauch auf. Möglicherweise ist der Wärmemengenzähler defekt.
- Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz für die Gebäude Salier-Grund- und Hauptschule, Salier-Realschule, Salier-Gymnasium, Turn- und Sporthalle.
- Die Wärmeversorgung des Gymnasiums ist an einem gemeinsamen Strang mit der Turn- und der Sporthalle mit gemeinsamer Abrechnung über einen Wärmemengenzähler in der Heizzentrale (Realschule). Die Summe der einzelnen Wärmemengenzähler in den Gebäuden weist einen erheblich niedrigeren Verbrauch auf. Ursache dafür können Wärmeverluste in der Nahwärmeleitung zwischen Heizzentrale und den Gebäuden sein. Dies ist weiter zu untersuchen und gegebenenfalls die Nahwärmeleitung zu sanieren.
- Die Außenwände sind mit einem herkömmlichen Wärmedämmverbundsystem nur in Teilbereichen dämmbar. Auskragende Betonbauteile verhindern das Anbringen einer durchgehenden Dämmschicht.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-48: Sanierungsmaßnahmen Salier-Schulzentrum - Sporthalle

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	Innendämmung 8 cm; WLG 040	0,31
Fenster und Türen erneuern	Wärmeschutzverglasung; Mehrkammerrahmen (Kunststoff)	1,30
überhängende Decken dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 030	0,17
Dach dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 030	0,17
Lichtkuppeln erneuern	Lichtbänder mit Wärmeschutzverglasung und thermisch entkoppeltem Rahmen, Dreischalen-Lichtkuppeln in Umkleiden und Duschen	1,60
<b>Heizung</b>		
Warmwasser mit Solar	Solaranlage zur Warmwasserbereitung Warmwasserverbrauch in der Halle ca. 80 – 85 m <sup>3</sup> /a Benötigte Wärmeenergie zur Aufheizung ca. 4.600 – 5000 kWh/a zuzüglich Speicher-, Leitungs- und Zirkulationsverluste ca. 10.000 kWh/a.	
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	Einbindung eines Wärmeerzeugers mit erneuerbaren Energien in das Nahwärmesystem. Möglichkeiten bestehen durch Holzhackschnitzel- oder Pflanzenölkessel bzw. Pflanzenöl BHKW.	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	
Lüftungsanlage sanieren	Energieeffiziente Lüftermotoren mit Drehzahlsteuerung	
Heizungspumpen sanieren	Hocheffiziente Heizungsumwälzpumpen mit elektronischer Regelung.	

Tabelle 3-49: Energie und Emissionen Salier-Schulzentrum - Sporthalle

<b>Wärmeschutz</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
Ist-Zustand	50.000	12.000	62.000	1	61.950			0,324	20,1	
Außenwände dämmen	37.300	12.000	49.300	1	49.300	12.650	20,4	0,324	16,0	4,1
Fenster erneuern	46.900	12.000	58.900	1	58.900	3.050	4,9	0,324	19,1	1,0
Decke nach unten gegen Außenluft dämmen	48.600	12.000	60.600	1	60.600	1.350	2,2	0,324	19,6	0,4
Dach dämmen	29.400	12.000	41.400	1	41.400	20.550	33,2	0,324	13,4	6,7
<b>Heizung</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
Ist-Zustand	50.000	12.000	62.000	1	62.000			0,324	20,1	
Warmwasser mit Solar	50.000	7.000	57.000	1	57.000	4.950	8,0	0,324	18,5	1,6
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	50.000	12.000	62.000	1	62.000	-50	-0,1	0,126	7,8	12,3
<b>Strom</b>		Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung				
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]				
Ist-Zustand		74.575		0,650	48,5					
Beleuchtung sanieren		31.000	43.575	0,650	20,2	28,3				
Lüftungsventilatoren sanieren		72.000	2.575	0,650	46,8	1,7				
Heizungspumpen sanieren		73.500	1.075	0,650	47,8	0,7				

Tabelle 3-50: Kosten und Einsparungen Salier-Schulzentrum - Sporthalle

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				10,06	6.232	6.232				
Außenwände dämmen	133.300	50	6.205	10,06	4.959	11.164	-4.933	1.203	49,05	27.300
Fenster erneuern	50.000	50	2.328	10,06	5.925	8.253	-2.021	2.045	76,31	6.600
Decke nach unten gegen Außenluft dämmen	10.000	50	466	10,06	6.096	6.562	-330	754	34,48	2.900
Dach dämmen	277.000	50	12.894	10,06	4.165	17.059	-10.827	1.626	62,75	44.400

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				10,06	6.237	6.237	-5			
Warmwasser mit Solar	30.000	25	1.920	10,06	5.734	7.654	-1.422	887	38,80	7.900
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	40.000	17	3.288	12,00	7.440	10.728	-4.496	367	4,76	-14.600

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	19.188	19.188				
Beleuchtung sanieren	87.900	20	6.468	25,73	7.976	14.444	4.744	-	14,84	152.400
Lüftungsventilatoren sanieren	30.000	20	2.207	25,73	18.526	20.733	-1.545	923	85,73	9.000
Heizungspumpen sanieren	5.000	20	368	25,73	18.912	19.279	-91	131	34,22	3.800

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Nahwärme anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-51: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Salier-Schulzentrum - Sporthalle

<b>Heizung</b>	
Thermische Solaranlage	Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung auf dem Hallendach evtl. statische Ertüchtigung notwendig  Installierbare Kollektorfläche ca. 15 - 20 m <sup>2</sup> Wärmeerzeugung ca. 5.000 – 9.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 2 t/a
Holzbrennstoffe	Holzhackschnitzelanlage mit ca. 80% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.500.000 – 1.800.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 480 – 580 t/a (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 770.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel mit ca. 35% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.100.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 550.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (davon Wärme: 180 t/a) (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Hallendach evtl. statische Ertüchtigung notwendig Dachfläche ca. 1400 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 30 – 40 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 27.000 – 36.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 17 – 23 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.100.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 550.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (davon Strom: 260 t/a)

Empfehlungen:

- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Luftheizungsanlage genauer untersuchen und Möglichkeiten für ein alternatives Heizungs- und Lüftungskonzept erstellen.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.8 Salier-Schulzentrum - Turnhalle

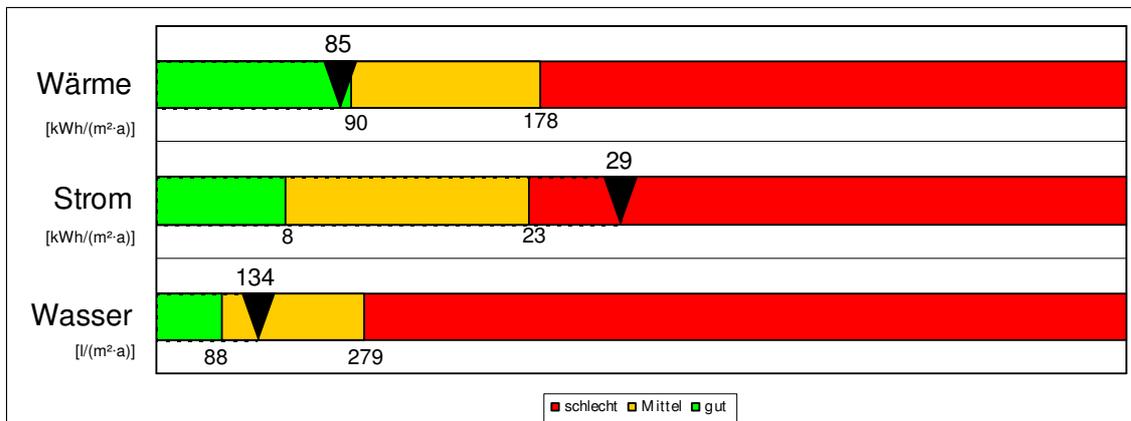
Basisdaten:

Anschrift: Im Sämann 34, 71334 Waiblingen  
 Baujahr: ca. 1970  
 Gebäudetyp: Sporthalle  
 Bruttovolumen: 11.943 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 1.869 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 3.907 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-52: Verbrauchsdaten und Kennzahl Salier-Schulzentrum - Turnhalle

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Nahwärme	kWh	129.550	85
Strom	Allgemeinstrom	kWh	53.650	29
Wasser		m <sup>3</sup>	251	134



Gebäudehülle:

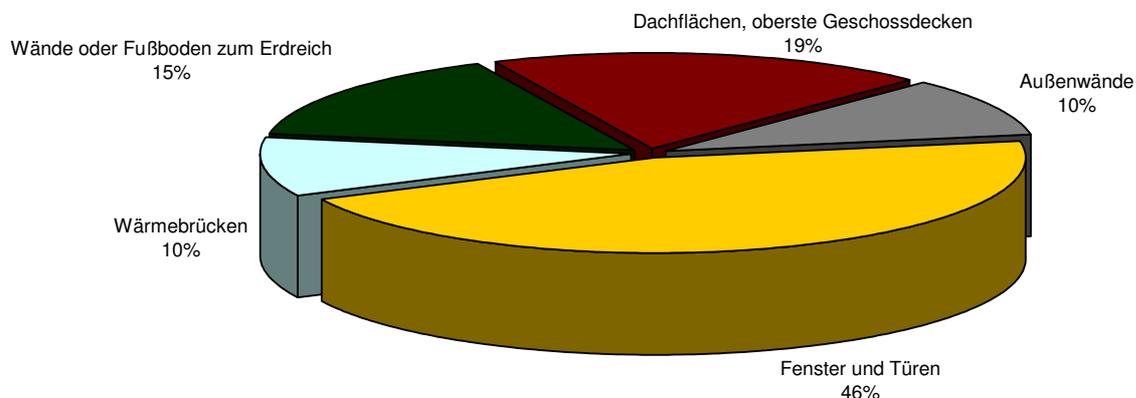
Stahl-Skelettbauweise  
 Wandelemente aus Betonfertigteilen  
 Sportboden auf Beton-Fundamentdecke in der Halle  
 Estrich auf Beton-Fundamentdecke im UG Geräteräume  
 Estrich auf Kellerdecke im EG Foyer  
 Flachdach mit aufliegender Dämmung (saniert ca. 2000/2001)

Tabelle 3-53: U-Werte Salier-Schulzentrum - Turnhalle

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel U-Wert
Fußboden zum Erdreich	1493	0,80	-
Außenwände	478	0,80	0,525
Fenster	364	4,00	1,960
Türe	79	4,00	2,030
Dach	1423	0,40	0,280
Lichtkuppeln	70	2,50	-

:

Abbildung 3-9: Aufteilung der Wärmeverluste Salier-Schulzentrum - Turnhalle



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Anschluss an Nahwärmeversorgung in der Salier-Realschule.  
 Wärmemengenmessung an der Sekundärseite.  
 Heizungsverteiler mit fünf Heizkreisen.  
 Zu-/Abluft-Lüftungsanlage.  
 Indirekt beheizter Warmwasserspeicher.  
 DDC-Steuerung mit Modemverbindung zum Leitrechner im Hochbauamt.

Tabelle 3-54: Beleuchtung Salier-Schulzentrum - Turnhalle

Halle 1	44 Leuchten mit je 4 Leuchtstofflampen	12,6 kW
Halle 2	24 Leuchten mit je 4 Leuchtstofflampen	6,9 kW
Gymnastikhalle	9 Leuchten mit je 4 Leuchtstofflampen	2,6 kW
Umkleiden/Duschen	33 Leuchten mit je 2 Leuchtstofflampen	4,6 kW
Gesamt:		26,9 kW

Alle Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten (14 W) und T16 Leuchtstofflampen mit (58 W).

Stromverbraucher:

Heizungsumwälzpumpen  
 Lüftungsventilatoren

Schwachstellen:

- Einscheibenverglasung in thermisch nicht entkoppelter Pfosten-Riegel-Konstruktion. Dadurch ergeben sich hohe Transmissionswärmeverluste und negative Behaglichkeitsempfinden infolge niedriger Oberflächentemperatur.
- Einzelne Scheiben der Wandverglasung sind durch Blechtafeln ersetzt worden.
- Türen mit großen Fugen, die zu Lüftungswärmeverlusten führen. Teilweise sind die Fugen mehrere Zentimeter stark.
- Eingangstüre grenzt ohne Windfang direkt an die Außenluft. Vor und nach den Unterrichtsstunden und zu Trainingsbeginn und -ende erfolgt häufiges Öffnen der Türen und damit ein hoher Luftwechsel in Verbindung mit Zugscheinung in der Halle. Abhilfe durch Drehkreuz oder Schleuse.
- Luftheizungsanlage zur Wärmeversorgung der Halle. Systembedingt hoher Aufwand für die Wärmeverteilung.



Kommentar:

- Die Sporthalle weist einen in Relation zur Bausubstanz sehr niedrigen Wärmeverbrauch auf. Möglicherweise ist der Wärmemengenzähler defekt.
- Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz für die Gebäude Salier-Grund- und Hauptschule, Salier-Realschule, Salier-Gymnasium, Turn- und Sporthalle.
- Die Wärmeversorgung des Gymnasiums ist an einem gemeinsamen Strang mit der Turn- und der Sporthalle mit gemeinsamer Abrechnung über einen Wärmemengenzähler in der Heizzentrale (Realschule). Die Summe der einzelnen Wärmemengenzähler in den Gebäuden weist einen erheblich niedrigeren Verbrauch auf. Ursache dafür können Wärmeverluste in der Nahwärmeleitung zwischen Heizzentrale und den Gebäuden sein. Dies ist weiter zu untersuchen und gegebenenfalls die Nahwärmeleitung zu sanieren.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-55: Sanierungsmaßnahmen Salier-Schulzentrum - Turnhalle

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,21
Fenster und Türen erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Pfosten-Riegel-Konstruktion	1,30
Dach dämmen	zus. Dämmung 10 cm; WLG 030	0,17
Lichtkuppeln erneuern	Dreilagel-Lichtkuppeln	1,80
<b>Heizung</b>		
Warmwasser mit Solar	Solaranlage zur Warmwasserbereitung Warmwasserverbrauch in der Halle ca. 80 – 85 m <sup>3</sup> /a Benötigte Wärmeenergie zur Aufheizung ca. 4.600 – 5000 kWh/a zuzüglich Speicher-, Leitungs- und Zirkulationsverluste ca. 10.000 kWh/a.	
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	Einbindung eines Wärmeerzeugers mit erneuerbaren Energien in das Nahwärmesystem. Möglichkeiten bestehen durch Holzhackschnitzel- oder Pflanzenölkesel bzw. Pflanzenöl BHKW.	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	
Lüftungsanlage sanieren	Energieeffiziente Lüftermotoren mit Drehzahlsteuerung	
Heizungspumpen sanieren	Hocheffiziente Heizungsumwälzpumpen mit elektronischer Regelung.	

\* Maßnahme betrifft nicht ausschließlich die Turnhalle.

Tabelle 3-56: Energie und Emissionen Salier-Schulzentrum - Turnhalle

<b>Wärmeschutz</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
Ist-Zustand	115.600	14.000	129.600	129.600	1	129.550		0,324	42,0	
Außenwände dämmen	105.900	14.000	119.900	119.900	1	119.900	9.650	0,324	38,8	3,1
Fenster erneuern	77.100	14.000	91.100	91.100	1	91.100	38.450	0,324	29,5	12,5
Dach dämmen	105.900	14.000	119.900	119.900	1	119.900	9.650	0,324	38,8	3,1
Lichtbänder erneuern	114.000	14.000	128.000	128.000	1	128.000	1.550	0,324	41,5	0,5
<b>Heizung</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
Ist-Zustand	115.600	14.000	129.600	129.600	1	129.600		0,324	42,0	
Warmwasser mit Solar	115.600	7.000	122.600	122.600	1	122.600	6.950	0,324	39,7	2,3
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	115.600	14.000	129.600	129.600	1	129.600	-50	0,126	16,3	25,6
<b>Strom</b>						Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
						[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
Ist-Zustand						53.000		0,650	34,5	
Beleuchtung sanieren						19.600	33.400	0,650	12,7	21,7
Lüftungsventilatoren sanieren						52.500	500	0,650	34,1	0,3
Heizungspumpen sanieren						52.500	500	0,650	34,1	0,3

Tabelle 3-57: Kosten und Einsparungen Salier-Schulzentrum - Turnhalle

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				10,06	13.032	13.032				
Außenwände dämmen	105.000	50	4.888	10,06	12.061	16.949	-3.917	1.253	50,65	20.900
Fenster erneuern	222.000	50	10.334	10,06	9.164	19.498	-6.466	519	26,88	83.100
Dach dämmen	228.000	50	10.613	10,06	12.061	22.675	-9.643	3.084	109,98	20.900
Lichtbänder erneuern	42.000	50	1.955	10,06	12.876	14.831	-1.799	3.583	126,14	3.300

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				10,06	13.037	13.037	-5			
Warmwasser mit Solar	30.000	25	1.920	10,06	12.333	14.373	-1.341	596	29,36	9.100
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	90.000	20	6.622	12,00	15.552	22.174	-9.142	356	4,95	-34.200

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	13.637	13.637				
Beleuchtung sanieren	70.000	20	5.151	25,73	5.043	9.694	3.943	-	13,92	116.800
Lüftungsventilatoren sanieren	30.000	20	2.207	25,73	13.508	15.716	-2.079	6.396	441,49	1.700
Heizungspumpen sanieren	5.000	20	368	25,73	13.508	13.876	-239	736	73,58	1.700

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Nahwärme anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-58: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Salier-Schulzentrum - Turnhalle

<b>Heizung</b>	
Thermische Solaranlage	Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung auf dem Hallendach evtl. statische Ertüchtigung notwendig  Installierbare Kollektorfläche ca. 15 - 20 m <sup>2</sup> Wärmeerzeugung ca. 5.000 – 9.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 3 – 5 t/a
Holzbrennstoffe	Holzhackschnitzelanlage mit ca. 80% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.500.000 – 1.800.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 480 – 580 t/a (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 770.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel mit ca. 35% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.100.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 550.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (davon Wärme: 180 t/a) (Werte gelten für das Salier-Schulzentrum)
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Hallendach evtl. statische Ertüchtigung notwendig Dachfläche ca. 1400 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 30 – 40 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 27.000 – 36.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 17 – 23 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.100.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 550.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 440 t/a (davon Strom: 260 t/a)

Empfehlungen:

- Wärmeverbrauch kontrollieren und analysieren
- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Möglichkeit untersuchen, für die Warmwasserbereitung eine thermische Solaranlage zu installieren.



- Luftheizungsanlage genauer untersuchen und Möglichkeiten für ein alternatives Heizungs- und Lüftungskonzept erstellen.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.9 Staufer-Schulzentrum - Realschule

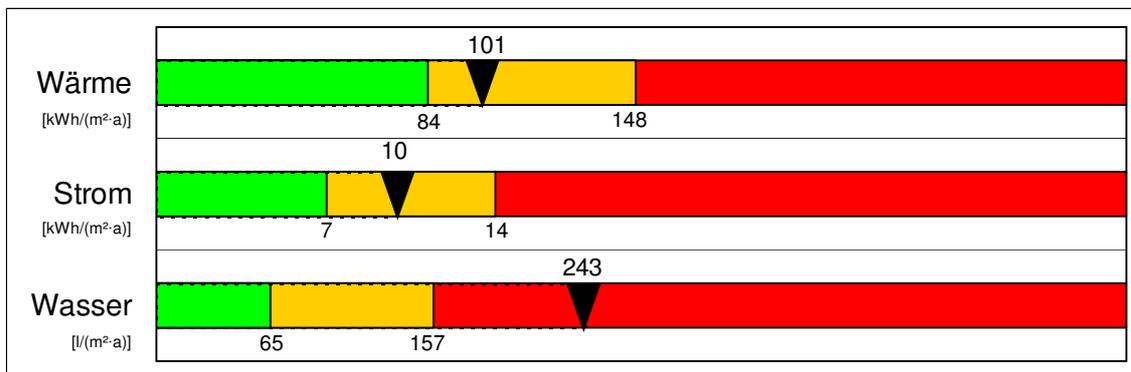
Basisdaten:

Anschrift: Mayenner Straße 32, 71332 Waiblingen  
 Baujahr: ca. 1977  
 Gebäudetyp: Realschule  
 Bruttovolumen: 23.652 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 5.663 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 8.087 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-59: Verbrauchsdaten und Kennzahl Staufer-Schulzentrum - Realschule

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Nahwärme	kWh	463.000	101
Strom	Allgemeinstrom	kWh	56.050	10
Wasser		m <sup>3</sup>	1.378	243



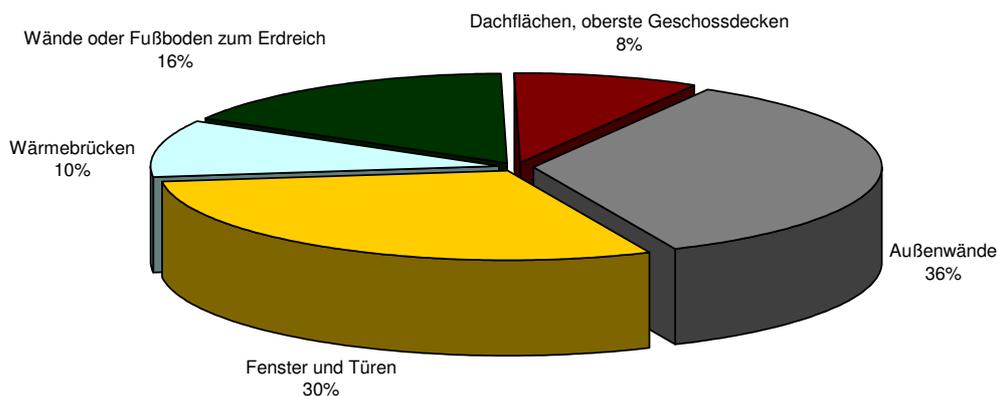
Gebäudehülle:

Massiv-Betonbauweise  
 Flachdach

Tabelle 3-60: U-Werte\_Staufer-Schulzentrum - Realschule

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden zum Erdreich	1638,4	0,95	0,280
Kellerdecke	566,6	0,95	0,280
überhängende Decken	441,8	0,95	0,245
Außenwände	1815,9	1,30	0,245/0,315
Fenster und Türen	804,2	2,80	1,190/2,030
Innenwände UG	110,6	1,80	0,280
Dach	2667,6	0,25	0,175
Glasdach	33,4	3,00	1,190

Abbildung 3-10: Aufteilung der Wärmeverluste Staufer-Schulzentrum - Realschule



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Anschluss an Nahwärmeversorgung in der Staufer-Realschule.  
 Wärmemengenmessung an der Sekundärseite.  
 Heizungsverteiler mit fünf Heizkreisen.  
 Zu-/Abluft-Lüftungsanlage.

Tabelle 3-61: Beleuchtung\_Staufer-Schulzentrum - Realschule

EG	390 Leuchtstofflampen mit je 72 W 10 Glühlampen mit je 60 W	28,7 kW
1. OG	212 Leuchtstofflampen mit je 72 W	15,3 kW
Zwischengeschoss	158 Leuchtstofflampen mit je 72 W 10 Glühlampen mit je 60 W	17,4 kW
2. OG	212 Leuchtstofflampen mit je 72 W	15,3 kW
Gesamt:		76,7 kW

Stromverbraucher:

Bürogeräte  
Heizungsumwälzpumpen  
Lüftungsventilatoren  
Kälteanlage

Schwachstellen:

- Decke nach unten gegen Außenluft ohne Dämmung.
- Betonpfeiler wirken wie Kühlrippen.
- Deckenüberhänge bedingen einen hohen Bedarf an künstlicher Beleuchtung in der Aula.



Kommentar:

- Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz für die Gebäude Staufer-Grund- und Hauptschule, Staufer-Realschule, Staufer-Gymnasium, Staufer-Turnhalle und des Arbeitsamtes.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-62: Sanierungsmaßnahmen Staufer-Schulzentrum - Realschule

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,23
Fenster und Türen erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Schrägverglasung erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Überhängende Decken dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 040	0,22
Kellerdecke dämmen	zus. Dämmung 10 cm; WLG 040	0,28
<b>Heizung</b>		
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil*	Heizkessel mit neuem Pflanzenölbrenner auf den Betrieb mit Pflanzenöl umrüsten.	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	
Lüftungsanlage sanieren	Auf Grund des Alters der Anlage sollten die Möglichkeiten einer Sanierung näher untersucht werden.	
Heizungspumpen sanieren	Hocheffiziente Heizungsumwälzpumpen mit elektronischer Regelung.	

\* Maßnahme betrifft nicht ausschließlich die Realschule.



Tabelle 3-64: Kosten und Wirtschaftlichkeit Staufer-Schulzentrum - Realschule

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
IST-Zustand				6,98	32.294	32.294				
Außenwände dämmen	570.000	50	26.534	6,98	24.873	51.406	-19.112	560	24,94	159.400
Fenster erneuern	560.000	50	26.068	6,98	27.977	54.045	-21.751	1.095	42,11	92.700
Schrägverglasung erneuern	17.000	50	791	6,98	32.092	32.883	-589	633	27,29	4.300
überhängende Decken dämmen	97.000	50	4.515	6,98	31.060	35.575	-3.281	577	25,51	26.500
Kellerdecke dämmen	45.000	50	2.095	6,98	31.618	33.712	-1.418	455	21,60	14.500

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
IST-Zustand				6,98	32.294	32.294				
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	200.000	20	14.716	10,00	46.300	61.016	-28.722	318	3,80	-190.300

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
IST-Zustand				25,73	14.422	14.422				
Beleuchtung sanieren	55.000	20	4.047	25,73	7.976	12.023	2.398	-	16,16	87.600

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Nahwärme anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-65: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Staufer-Schulzentrum - Realschule

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holzhackschnitzelanlage mit ca. 80% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.500.000 – 1.800.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 480 – 580 t/a (Werte gelten für das Staufer-Schulzentrum)
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.690.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 850.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 550 t/a (davon Wärme: 230 t/a) (Werte gelten für das Staufer-Schulzentrum)
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel mit ca. 35% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.690.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 290 t/a (Werte gelten für das Staufer-Schulzentrum)
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Flachdach Dachfläche ca. 1700 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 30 – 40 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 27.000 – 36.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 17 – 23 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.690.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 850.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 550 t/a (davon Strom: 320 t/a)

Empfehlungen:

- Möglichkeit für die Installation eines Zwischenzählers für den Wärmeverbrauch in der Sporthalle untersuchen.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Lüftungsanlage genauer untersuchen und Möglichkeiten für ein alternatives Heizungs- und Lüftungskonzept erstellen.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.10 Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle

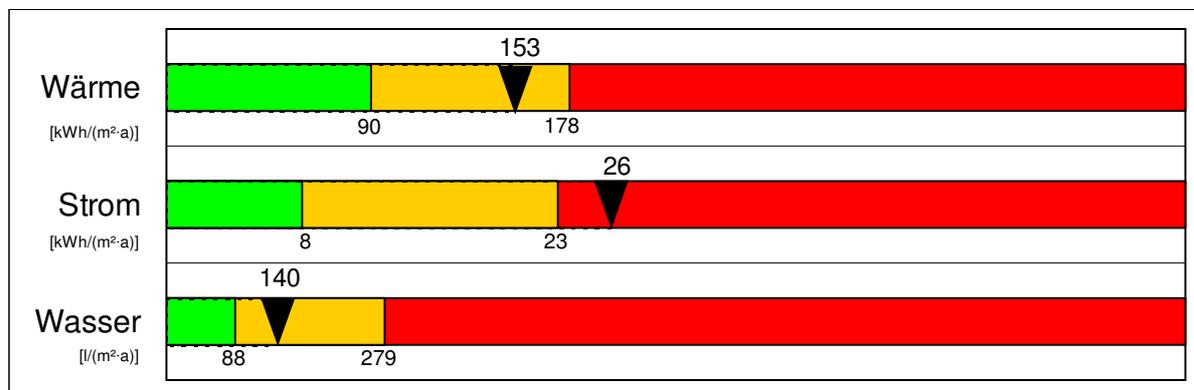
Basisdaten:

Anschrift: Mayenner Straße 32, 71332 Waiblingen  
 Baujahr: ca. 1977  
 Gebäudetyp: Turnhalle  
 Bruttovolumen: 7.857 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 1,208 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 3.678 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-66: Verbrauchsdaten und Kennzahl Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Nahwärme	kWh	150.800	153
Strom	Allgemeinstrom	kWh	31.700	26
Wasser		m <sup>3</sup>	169	140



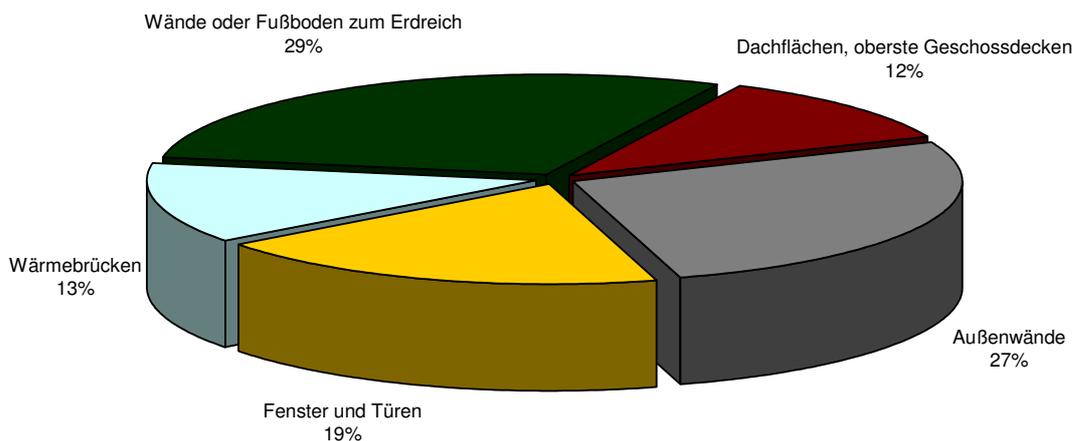
Gebäudehülle:

Massiv-Betonbauweise  
 Flachdach

Tabelle 3-67: U-Werte Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden zum Erdreich	1208,2	0,95	-
Kellerdecke	234,2	0,95	-
Außenwände	802,9	0,95	0,525
Fenster und Türen	192,6	2,80	1,960
Wände zu unbeheizt	32,0	1,80	-
Dach	1208,2	0,27	0,280

Abbildung 3-11: Aufteilung der Wärmeverluste Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Anschluss an Nahwärmeversorgung in der Staufer-Realschule.  
 Wärmemengenmessung an der Sekundärseite gemeinsam mit Realschule.

Tabelle 3-68: Beleuchtung Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle

Halle	72 Leuchtstofflampen mit je 58 W	4,2 kW
Umkleiden	37 Leuchtstofflampen mit je 72 W 8 Glühlampen mit je 60 W	3,1 kW
Gesamt:		7,3 kW

Kommentar:

- Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz für die Gebäude Staufer-Grund- und Hauptschule, Staufer-Realschule, Staufer-Gymnasium, Staufer-Turnhalle und des Arbeitsamtes.



Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-69: Sanierungsmaßnahmen Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,23
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Kellerdecke dämmen	zus. Dämmung 10 cm; WLG 040	0,28
<b>Heizung</b>		
Warmwasser mit Solaranlage	Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung des Duschwassers	
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil*	Heizkessel mit neuem Pflanzenölbrenner auf den Betrieb mit Pflanzenöl umrüsten.	

\* Maßnahme betrifft nicht ausschließlich die Realschule.

Tabelle 3-70: Energie und Emissionen Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle

<b>Wärmeschutz</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
IST-Zustand	136.800	14.000	150.800	1	150.800			0,321	48,4	
Außenwände dämmen	107.600	14.000	121.600	1	121.600	29.200	19,4	0,321	39,0	9,4
Fenster erneuern	123.400	14.000	137.400	1	137.400	13.400	8,9	0,321	44,1	4,3
Kellerdecke dämmen	132.400	14.000	146.400	1	146.400	4.400	2,9	0,321	47,0	1,4
<b>Heizung</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
Ist-Zustand	136.800	14.000	150.800	1	150.800			0,321	48,4	
Warmwasser mit Solaranlage	136.800	7.000	143.800	1	143.800	7.000	4,6	0,321	46,2	2,2
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	136.800	14.000	150.800	1	150.800			0,126	19,0	29,4
										60,7

Tabelle 3-71: Kosten und Wirtschaftlichkeit Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle

<b>Wärmeschutz</b>										
	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
IST-Zustand				6,36	9.583	9.583				
Außenwände dämmen	144.500	50	6.727	6,36	7.728	14.454	-4.871	520	23,04	39.900
Fenster erneuern	134.800	50	6.275	6,36	8.732	15.007	-5.423	1.261	46,83	18.300
Kellerdecke dämmen	18.700	50	870	6,36	9.304	10.174	-591	418	19,78	6.000
<b>Heizung</b>										
	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				6,36	9.583	9.583				
Warmwasser mit Solaranlage	30.000	25	1.920	6,36	9.138	11.059	-1.476	657	27,43	6.900
Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	50.000	20	3.679	10,00	15.080	18.759	-9.176	312	3,92	-74.700

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Nahwärme anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-72: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holz hackschnitzelanlage mit ca. 80% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.500.000 – 1.800.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 480 – 580 t/a (Werte gelten für das Staufer-Schulzentrum)
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.690.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 850.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 550 t/a (davon Wärme: 230 t/a) (Werte gelten für das Staufer-Schulzentrum)
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel mit ca. 35% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.690.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 290 t/a (Werte gelten für das Staufer-Schulzentrum)
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Flachdach Dachfläche ca. 1700 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 30 – 40 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 27.000 – 36.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 17 – 23 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW mit ca. 50% Wärmedeckung im Nahwärmesystem. Wärmeerzeugung ca. 1.690.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 850.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 550 t/a (davon Strom: 320 t/a)

Empfehlungen:

- Möglichkeit für die Installation eines Zwischenzählers für den Wärmeverbrauch in der Sporthalle untersuchen.
- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Möglichkeit untersuchen, für die Warmwasserbereitung eine thermische Solaranlage zu installieren.
- Luftheizungsanlage genauer untersuchen und Möglichkeiten für ein alternatives Heizungs- und Lüftungskonzept erstellen.

### 3.1.11 Volkshochschule

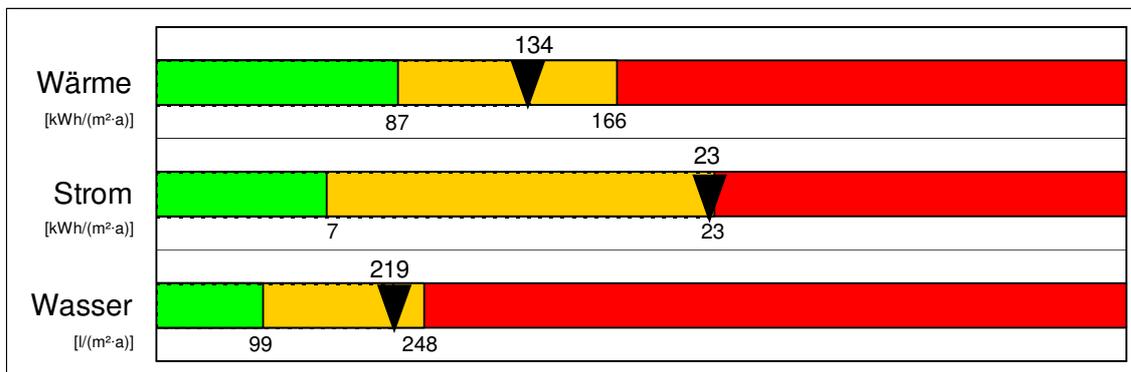
Basisdaten:

Anschrift: Karlstraße 10, 71332 Waiblingen  
 Baujahr: ca. 1930  
 Gebäudetyp: Schulgebäude  
 Bruttovolumen: 7.167 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 1.657 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 3.274 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-73: Verbrauchsdaten und Kennzahl Volkshochschule

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas	kWh	218.528	134
Strom	Allgemeinstrom	kWh	45.444	23
Wasser		m <sup>3</sup>	438	219



Gebäudehülle:

Massivbau

Wände: Ziegelmauerwerk

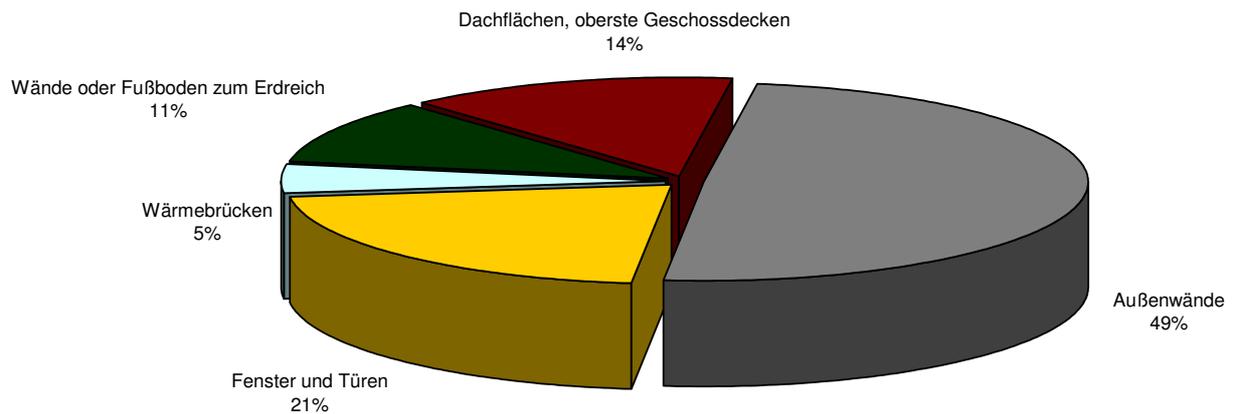
Decken: Massivbeton

Steildach Ziegeldeckung

Tabelle 3-74: U-Werte Volkshochschule

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Außenwand	1495,5	1,45	0,245/0,315
Fenster	322,8	2,88	1,190
Eingangstüren	12,3	3,42	2,030
Wände zu unbeh. Räumen	24,5	2,24	0,280
Kellerdecke	193,0	0,98	0,280
Fußboden Erdreich	292,0	1,18	0,280
Dachfläche	156,6	1,39	0,210
Oberste Geschoßdecke	471,4	0,69	0,175

Abbildung 3-12: Aufteilung der Wärmeverluste Volkshochschule



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Gas- Niedertemperaturkessel: Viessmann Vitola, Bj. 1988.  
 Heizungsverteiler mit vier Heizkreisen.

Stromverbraucher:

Beleuchtung

Heizungsumwälzpumpen

Bürotechnik

Schwachstellen:

- Einscheibenverglasung im Treppenhaus.
- Große Flächen ungedämmter Wände zum Erdreich im EG.
- Undichte Fenster und Undichtigkeiten im Dachbereich (Zugerscheinungen).
- Gas-Warmwasserbereiter für Küche ständig auf Vorhaltung.



Kommentar:

- Hausmeisterwohnung mit separater Wärmeversorgung im DG.



Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-75: Sanierungsmaßnahmen Volkshochschule

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,24
Fenster und Türen erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Kellerdecke dämmen	zus. Dämmung 10 cm; WLG 040	0,28
Oberste Geschossdecke dämmen	zus. Dämmung 16 cm; WLG 035	0,17
Dachschräge dämmen	zus. Dämmung 20 cm; WLG 035	0,21
<b>Heizung</b>		
Gas-Brennwertkessel	Gas-Brennwertkessel 140 kW zur alleinigen Wärmebereitung.	
Holzpelletkessel	Holzpelletkessel 140 kW zur alleinigen Wärmebereitung.	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	

Tabelle 3-76: Energie und Emissionen Volkshochschule

<b>Wärmeschutz</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	196.700		196.700	0,9	218.528				0,254	55,5		
Außenwände dämmen	123.300		123.300	0,9	137.000	81.528	37,3		0,254	34,8	20,7	37,3
Fenster erneuern	181.800		181.800	0,9	202.000	16.528	7,6		0,254	51,3	4,2	7,6
Kellerdecke dämmen	194.200		194.200	0,9	215.778	2.750	1,3		0,254	54,8	0,7	1,3
Oberste Geschossdecke dämmen	189.000		189.000	0,9	210.000	8.528	3,9		0,254	53,3	2,2	3,9
Dach dämmen	185.400		185.400	0,9	206.000	12.528	5,7		0,254	52,3	3,2	5,7
<b>Heizung</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	196.700		196.700	0,9	218.556				0,254	55,5		
Gas-Brennwertkessel	196.700		196.700	1	196.700	21.828	10,0		0,254	50,0	5,5	10,0
Holzpelletkessel	196.700		196.700	0,8	245.875	-27.347	-12,5		0,029	7,1	48,4	87,2
<b>Strom</b>						Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung		CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
						[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand						45.444			0,641	29,1		
Beleuchtung sanieren						30.000	15.444	34,0	0,641	19,2	9,9	34,0

Tabelle 3-77: Kosten und Wirtschaftlichkeit Volkshochschule

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				6,46	14.125	14.125				
Außenwände dämmen	290.000	50	13.500	6,46	8.855	22.355	-8.230	397	16,56	113.200
Fenster erneuern	148.000	50	6.889	6,46	13.056	19.946	-5.821	1.387	41,68	22.900
Kellerdecke dämmen	11.000	50	512	6,46	13.947	14.459	-334	479	18,62	3.800
Oberste Geschossdecke dämmen	26.000	50	1.210	6,46	13.573	14.784	-659	304	14,19	11.800
Dach dämmen	56.000	50	2.607	6,46	13.315	15.922	-1.797	565	20,81	17.400

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				6,46	14.126	14.126				
Gas-Brennwertkessel	15.000	20	1.104	6,46	12.714	13.817	307	-		19.200
Holzpelletkessel	35.000	20	2.575	5,00	12.294	14.869	-745	15	4,70	24.900

<b>Strom</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				25,73	11.693	11.693				
Beleuchtung sanieren	50.000	20	3.679	25,73	7.719	11.398	295	-	23,82	54.000

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-78: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Volkshochschule

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 220.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 54 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 9 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 220.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 26 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Süddach des Westanbaus Nutzbare Dachfläche ca. 70 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 8 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 7.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 4,5 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 40.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 22 t/a

Empfehlungen:

- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Heizungsanlage genauer untersuchen.
- Möglichkeit untersuchen, die Warmwasserbereitung zu ändern.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.12 Hallenbad Waiblingen

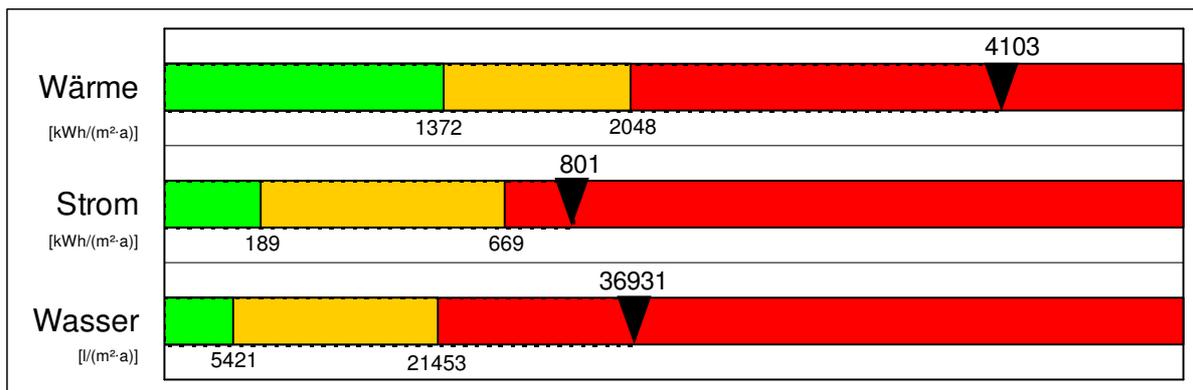
#### Basisdaten:

Anschrift: An der Talau 10, 71334 Waiblingen  
 Baujahr: 1971  
 Gebäudetyp: Hallenbad  
 Bruttovolumen: 23.852 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Beckenfläche: 823 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 8.023 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-79: Verbrauchsdaten und Kennzahl Hallenbad Waiblingen

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Fernwärme	kWh	2.746.246	4.103
Strom	Allgemeinstrom	kWh	659.610	801
Wasser		m <sup>3</sup>	30.394	36.931



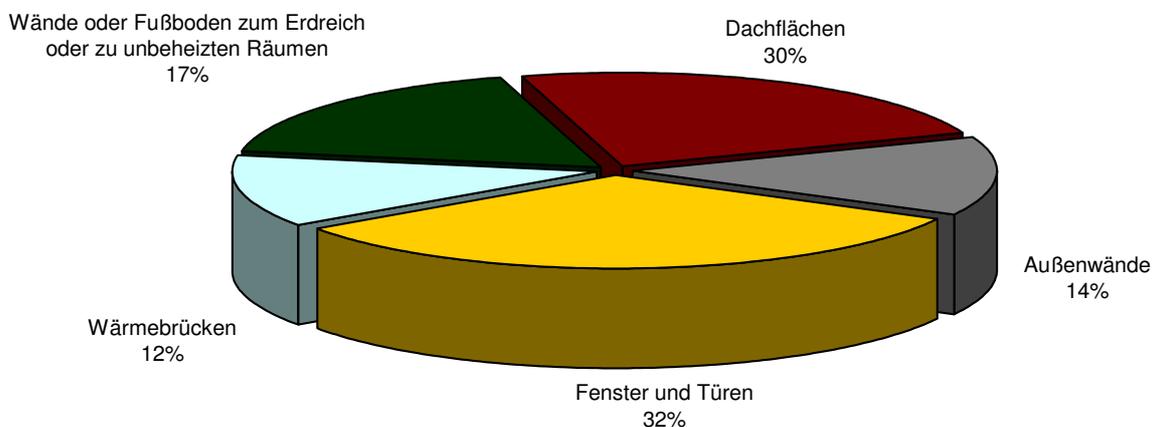
Gebäudehülle:

Massivbau  
 Wände: Beton, Glas-Fassade  
 Decken: Massivbeton  
 Flachdach: begrünt  
 Steildach: Bitumen

Tabelle 3-80: U-Werte Hallenbad Waiblingen

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	EnEV-U-Wert
Fußboden UG zum Erdreich	2539,0	0,65	0,280
Außenwände zum Erdreich	645,5	1,40	0,280
Außenwände Beton	516,7	1,30	0,245/0,315
Fenster	84,9	2,70	1,190
Wände gegen unbeheizte Räume	26,5	2,20	0,280
Dachfläche über EG und OG	1536,8	0,80	0,175
Dachfläche Halle	1070,7	0,80	0,210
Außenwände Halle verkleidet	355,1	1,20	0,245/0,315
Fensterfront	663,1	2,20	1,190
Eingang	27,4	3,00	1,190
Verglasung Halle NW	504,3	2,20	1,190
Betonpfeiler und Stürze	53,2	2,00	0,245/0,315

Abbildung 3-13: Aufteilung der Wärmeverluste Hallenbad Waiblingen



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Fernwärme

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
 Lüftung  
 Heizungsumwälzpumpen  
 Schwimmbadtechnik

Schwachstellen:

- Große verglaste Flächen und thermisch nicht getrennte Metallrahmen mit hohen Transmissionswärmeverlusten..
- Auskragende Betonelemente führen zu erhöhten Wärmeverlusten durch Wärmebrücken.



Kommentar:

- Teilsanierung der Fassade und der Verglasung (große Halle) 2006.
- Fotovoltaikanlage an der Südfassade 2006.
- Teilsanierung der Fassade und der Verglasung (kleine Halle/Umkleiden) 2007.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-81: Sanierungsmaßnahmen Hallenbad Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände Beton dämmen	WDVS 14 cm; WLG 035	0,21
Außenwände mit Verkleidung dämmen	WDVS 14 cm; WLG 035	0,21
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Verglasung Halle erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Flachdach dämmen	zus. Dämmung 16 cm; WLG 035	0,17
Hallendach dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 035	0,19
<b>Strom</b>		
Lüftungsventilatoren erneuern	Energiesparende Ventilatoren mit Leistungsreduzierung um ca. 10 kW	
Pumpen erneuern	Energiesparende Umwälzpumpen mit Leistungsreduzierung um ca. 5 kW	
<b>Wasser</b>		
Schwimmbadtechnik erneuern	Der hohe Wasserverbrauch deutet auf eine veraltete Schwimmbadtechnik hin. Der Zustand und Sanierungsmöglichkeiten der Schwimmbadtechnik sollten näher untersucht werden.	

Tabelle 3-82: Energie und Emissionen Hallenbad Waiblingen

	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
<b>Wärmeschutz</b>									
Ist-Zustand	946.200	1.800.000	2.746.200	1	2.746.246		0,321	881,5	
Außenwände Beton dämmen	887.500	1.800.000	2.687.500	1	2.687.500	58.746	0,321	862,7	18,9
Außenwände mit Verkleidung dämmen	916.800	1.800.000	2.716.800	1	2.716.800	29.446	0,321	872,1	9,5
Fenster erneuern	945.300	1.800.000	2.745.300	1	2.745.300	946	0,321	881,2	0,3
Hallenverglasung erneuern	873.200	1.800.000	2.673.200	1	2.673.200	73.046	0,321	858,1	23,4
Flachdach dämmen	862.600	1.800.000	2.662.600	1	2.662.600	83.646	0,321	854,7	26,9
Hallendach dämmen	888.000	1.800.000	2.688.000	1	2.688.000	58.246	0,321	862,8	18,7
<b>Strom</b>									
Ist-Zustand					659.610		0,641	422,8	
Lüftungsventilatoren erneuern					580.000	79.610	0,641	371,8	51,0
Pumpen erneuern					620.000	39.610	0,641	397,4	25,4

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				9,66	265.191	265.191				
Außenwände Beton dämmen	118.941	50	5.537	9,66	259.518	265.055	136	-	9,42	121.900
Außenwände mit Verkleidung dämmen	63.920	50	2.975	9,66	262.348	265.323	-132	14	10,10	61.100
Fenster erneuern	38.219	50	1.779	9,66	265.100	266.879	-1.688	5.558	188,06	2.000
Hallenverglasung erneuern	525.321	50	24.454	9,66	258.138	282.591	-17.400	742	33,48	151.500
Flachdach dämmen	276.628	50	12.877	9,66	257.114	269.991	-4.800	179	15,39	173.500
Hallendach dämmen	192.722	50	8.971	9,66	259.567	268.538	-3.347	179	15,40	120.800

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	169.718	169.718				
Lüftungsventilatoren erneuern	100.000	20	7.358	25,73	149.234	156.592	13.125	-	9,24	278.400
Pumpen erneuern	60.000	20	4.415	25,73	159.526	163.941	5.777	-	11,15	138.500

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-84: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Hallenbad Waiblingen

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holzhackschnitzelanlage Wärmeerzeugung ca. 2.300.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 640 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 2.000.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 1.000.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 840 t/a (davon Wärme: 350 t/a)
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 2.300.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 390 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Flachddach Nutzbare Dachfläche ca. 500 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 12 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 11.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 7 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 2.000.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 1.000.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 840 t/a (davon Strom: 490 t/a)

Empfehlungen:

- Wärmeverbrauch kontrollieren und analysieren
- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Schwimmbadwasserbereitung genauer untersuchen.
- Lüftungsanlage genauer untersuchen.
- Möglichkeit untersuchen, für die Warmwasserbereitung eine thermische Solaranlage zu installieren.

### 3.1.13 Hartwaldhalle Hegnach

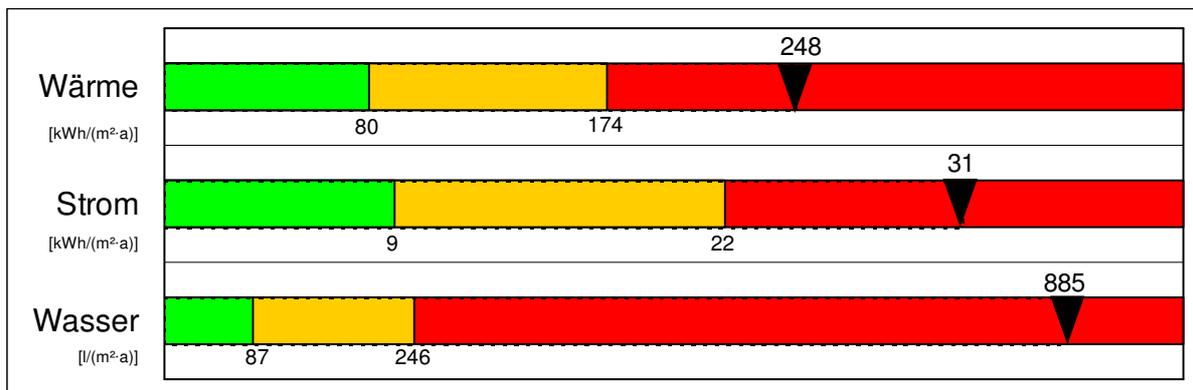
Basisdaten:

Anschrift: Hartweg 49, 71336 Waiblingen  
 Baujahr: ca. 1959  
 Gebäudetyp: Mehrzweckhalle  
 Bruttovolumen: 5.543 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 959 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 2.558 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-85: Verbrauchsdaten und Kennzahl Hartwaldhalle Hegnach

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas	kWh	193.526	248
Strom	Allgemeinstrom	kWh	30.061	31
Wasser		m <sup>3</sup>	849	885



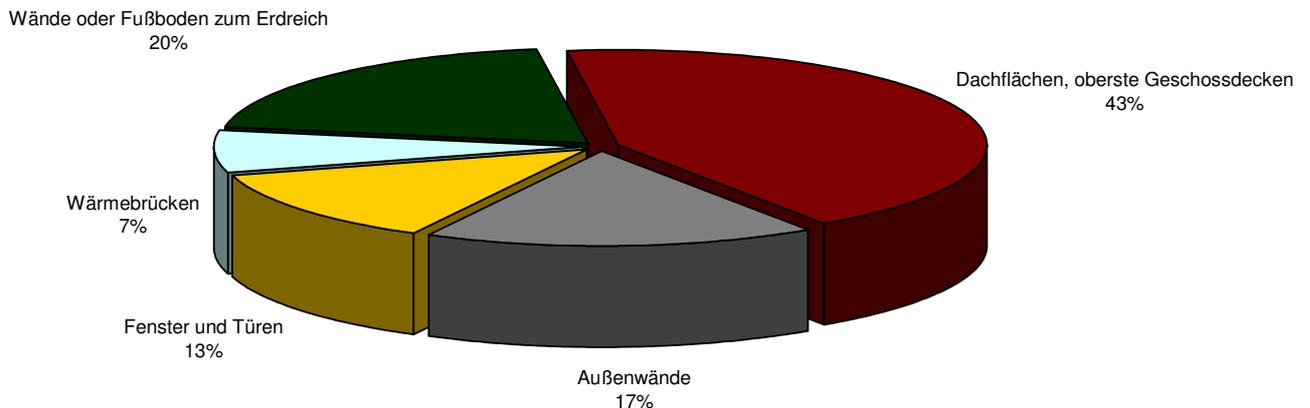
Gebäudehülle:

Massivbau  
 Wände: Ziegelmauerwerk  
 Decken: Massivbeton  
 Steildach Ziegeldeckung

Tabelle 3-86: U-Werte Hartwaldhalle Hegnach

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden	791,2	1,20	-
Kellerdecke	167,7	1,80	-
Außenwände	257,7	1,45	0,525
Außenwände Anbau	142,0	1,45	0,245
Außenwände zu unbeheizten Räumen	27,0	1,45	-
Dach	447,3	1,30	0,280
Dach Anbau	312,0	1,30	0,175
Dach Vereinsheim	238,0	1,30	0,175
Fenster neu	36,5	1,60	1,190
Fenster alt	131,7	2,70	1,960

Abbildung 3-14: Aufteilung der Wärmeverluste Hartwaldhalle Hegnach



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Gas-Brennwertkessel: Fröling, Bj. 1989.  
 Heizungsverteiler mit sechs Heizkreisen.  
 Luftheizung

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
 Heizungsumwälzpumpen  
 Lüftungsventilatoren

Schwachstellen:

- Große Fensterfront nach Osten.



- Luftheizungsanlage zur Wärmeversorgung der Halle. Systembedingt hoher Aufwand für die Wärmeverteilung.



- Flutlichtanlage ohne Zeitsteuerung bzw. Zwangsabschaltung.

Kommentar:

- Der Wasserverbrauch der Vorjahre war mit 600 – 700 m<sup>3</sup> erheblich geringer als im betrachteten Jahr 2005.
- Wasserverbrauch durch Sportplatzbenutzer und Benutzer des Trimm-Dich-Pfades Hartwald.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-87: Sanierungsmaßnahmen Hartwaldhalle Hegnach

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,24
Fenster und Türen erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Kellerdecke dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 040	0,25
Dach dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 030	0,17
<b>Heizung</b>		
Holzpelletkessel	Holzpelletkessel 100 kW zur alleinigen Wärmebereitung.	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	

Tabelle 3-88: Energie und Emissionen Hartwaldhalle Hegnach

<b>Wärmeschutz</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	183.600	10.000	193.600	1	193.562		0,254	49,2		
Außenwände dämmen	157.500	10.000	167.500	1	167.500	26.062	0,254	42,5	6,6	13,5
Fenster erneuern	174.400	10.000	184.400	1	184.400	9.162	0,254	46,8	2,3	4,7
Kellerdecke dämmen	176.600	10.000	186.600	1	186.600	6.962	0,254	47,4	1,8	3,6
Dach dämmen	139.000	10.000	149.000	1	149.000	44.562	0,254	37,8	11,3	23,0
<b>Heizung</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a] <td>[kg/kWh]</td> <td>[t/a]</td> <td>[t/a]</td> <td>[%]</td>	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	183.600	10.000	193.600	1	193.600		0,254	49,2		
Holzpelletkessel	183.600	10.000	193.600	0,8	242.000	-48.438	0,029	7,0	42,1	85,7
<b>Strom</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a] <td>[kg/kWh]</td> <td>[t/a]</td> <td>[t/a]</td> <td>[%]</td>	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand					30.061		0,641	19,3		
Beleuchtung sanieren					25.000	5.061	0,641	16,0	3,2	16,8

Tabelle 3-89: Kosten und Wirtschaftlichkeit Hartwaldhalle Hegnach

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				8,04	15.571	15.571				
Außenwände dämmen	103.000	50	4.795	8,04	13.475	18.269	-2.698	408	18,40	45.000
Fenster erneuern	59.300	50	2.760	8,04	14.834	17.594	-2.023	869	30,13	15.800
Kellerdecke dämmen	13.400	50	624	8,04	15.011	15.635	-64	36	8,96	12.000
Dach dämmen	136.700	50	6.363	8,04	11.986	18.350	-2.779	245	14,28	77.000

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				8,04	15.574	15.574				
Holzpelletkessel	80.000	20	5.887	5,00	12.100	17.987	-2.415	57	4,00	47.200

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	7.735	7.735				
Beleuchtung sanieren	13.000	20	957	25,73	6.433	7.389	346	-	18,90	17.700

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-90: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Hartwaldhalle Hegnach

<b>Heizung</b>	
Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung	Thermische Solaranlage Wärmeerzeugung ca. 5.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 1,3 t/a
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 190.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 42 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 7 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 190.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 20 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Hallendach Nutzbare Dachfläche ca. 300 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 12 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 11.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 7 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 40.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 22 t/a

Empfehlungen:

- Wärmeverbrauch kontrollieren und analysieren
- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Luftheizungsanlage genauer untersuchen und Möglichkeiten für ein alternatives Heizungs- und Lüftungskonzept erstellen.

### 3.1.14 Turnhalle Hegnach

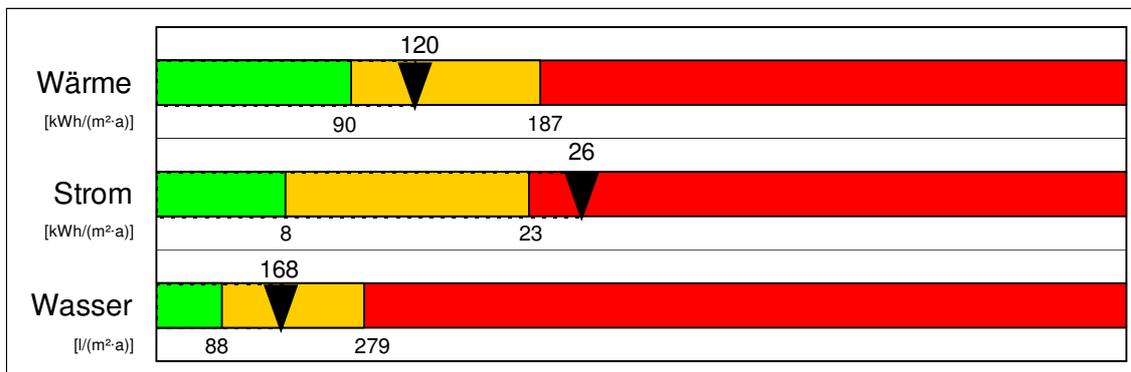
Basisdaten:

Anschrift: Kirchstraße 49, 71336 Waiblingen  
 Baujahr: ca. 1971  
 Gebäudetyp: Sporthalle  
 Bruttovolumen: 4.512 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 865 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 1.953 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-91: Verbrauchsdaten und Kennzahl Turnhalle Hegnach

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas	kWh	84.148	120
Strom	Allgemeinstrom	kWh	22.784	26
Wasser		m <sup>3</sup>	145	168



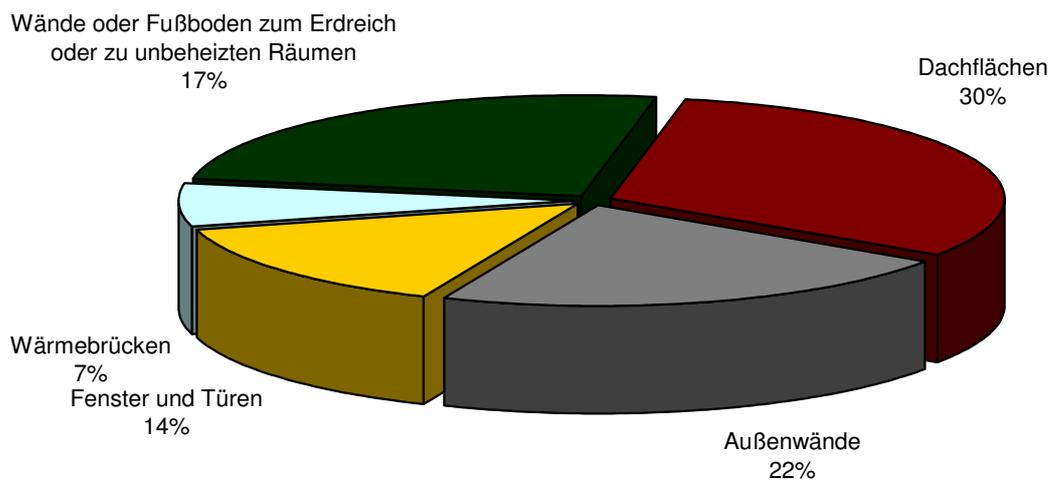
Gebäudehülle:

Massivbau  
 Wände: Beton/Verglasung  
 Decken: Massivbeton  
 Flachdach Bitumenabdichtung

Tabelle 3-92: U-Werte Turnhalle Hegnach

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden UG zum Erdreich	755,0	0,65	-
Außenwände zum Erdreich	147,9	1,40	-
Fenster Lichtschacht	25,7	2,70	-
Wände gegen unbeheizte Räume	41,9	1,30	-
Dachfläche über EG und OG	569,1	0,80	0,175
Dachfläche Halle	28,7	3,50	0,280
Außenwände Halle	243,1	1,30	0,525
Fensterfront	84,2	2,20	1,960

Abbildung 3-15: Aufteilung der Wärmeverluste Turnhalle Hegnach



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Gas-Brennwertkessel Viessmann, Bj. 1995.  
 Heizungsverteiler mit sechs Heizkreisen.  
 Luftheizung

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
 Heizungsumwälzpumpen  
 Lüftungsventilatoren  
 Kältemaschine

### Schwachstellen:

- Fensterfront durch Bäume und Büsche verschattet. Dadurch wird auch bei genügender Außenhelligkeit elektrische Beleuchtung erfordert.
- Luftheizungsanlage zur Wärmeversorgung der Halle. Systembedingt hoher Aufwand für die Wärmeverteilung.
- Heizkörper vor Verglasung ohne Strahlungsschutz. Dadurch ergeben sich hohe Strahlungsverluste an die Umgebung.
- Offen stehende Fenster in den Lichtschächten zur Belüftung der Lager- und Putzräume. Dadurch unkontrollierte Lüftungswärmeverluste bei anschaltenden Thermostatventilen an den Heizkörpern.



Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-93: Sanierungsmaßnahmen Turnhalle Hegnach

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 035	0,21
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Fensterfront Halle erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Dach dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 030	0,17
<b>Heizung</b>		
Holzpelletkessel	Holzpelletkessel 200 kW zur alleinigen Wärmebereitung.	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	
Lüftungsanlage substituieren	Deckenstrahlungsheizung statt Luftheizungsanlage installieren und Lüftung abstellen.	



Tabelle 3-95: Kosten und Wirtschaftlichkeit Turnhalle Hegnach

<b>Wärmeschutz</b>										
	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				6,98	5.869	5.869				
Außenwände dämmen	107.300	50	4.995	6,98	4.924	9.919	-4.050	920	36,87	20.300
Fenster erneuern	73.000	50	3.398	6,98	5.768	9.166	-3.297	7.006	234,68	2.200
Fensterfronten Halle erneuern	460.900	50	21.455	6,98	5.629	27.084	-21.214	18.931	622,24	5.200
Flachdach dämmen	149.600	50	6.964	6,98	4.645	11.609	-5.740	1.006	39,68	26.300
<b>Heizung</b>										
	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				6,98	5.866	5.866				
Holzpelletkessel	35.000	20	2.575	6,00	6.308	8.883	-3.014	124	3,13	-6.000
<b>Strom</b>										
	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,73	5.862	5.862				
Beleuchtung sanieren	25.000	20	1.840	25,73	3.988	5.828	35	-	25,25	25.500
Lüftung sanieren	15.000	20	1.104	25,73	5.146	6.250	-387	217	39,65	9.700

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Holzpelletkessel anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-96: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Turnhalle Hegnach

<b>Heizung</b>	
Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung	Thermische Solaranlage Wärmeerzeugung ca. 5.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 1,3 t/a
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 190.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 42 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 7 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 190.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 20 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Hallendach Nutzbare Dachfläche ca. 800 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 12 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 11.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 7 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 40.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 22 t/a

Empfehlungen:

- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Möglichkeit untersuchen, für die Warmwasserbereitung eine thermische Solaranlage zu installieren.
- Luftheizungsanlage genauer untersuchen und Möglichkeiten für ein alternatives Heizungs- und Lüftungskonzept erstellen.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.15 Bauhof Waiblingen

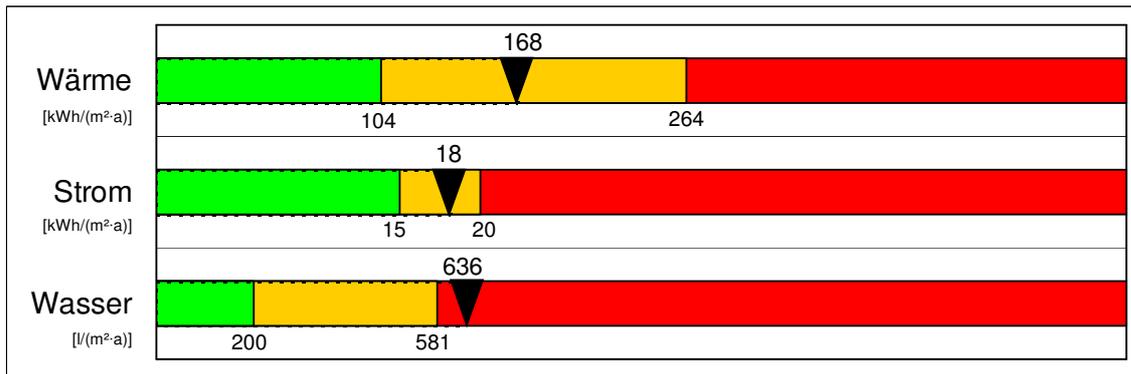
Basisdaten:

Anschrift: Henry-Dunant-Straße 3-5, 71334 Waiblingen  
 Baujahr: 1960 - 2001  
 Gebäudetyp: Verwaltungsgebäude, Sozialgebäude, Fahrzeug- und Lagerhallen  
 Bruttovolumen: 11.282 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 3.433 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 6.540 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-97: Verbrauchsdaten und Kennzahl Bauhof Waiblingen

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas/Heizöl	kWh	168.117	168
Strom	Allgemeinstrom	kWh	62.245	18
Wasser		m <sup>3</sup>	2.182	636



Gebäudehülle:

Gebäude 1:

Henri-Dunant-Straße 5 –Garagen, Lager und Wohnung, Bj.ca. 1960

EG: Garagen (beheizt)

OG: Wohnung (beheizt) und Lager (unbeheizt)

Wände: Massiv (Kalksandstein)

Fenster: Isolierverglasung/Holzrahmen

Ungedämmte Falttore mit Glasfüllung

Betonpfeiler

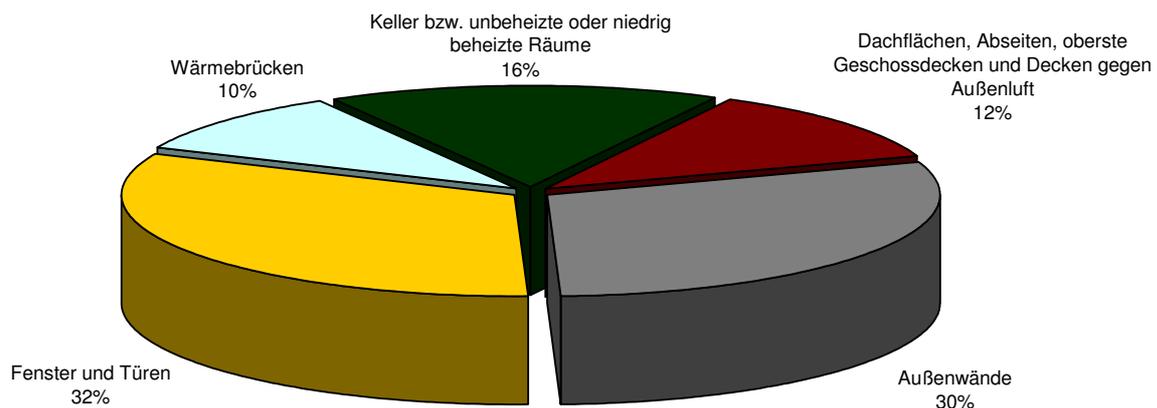
Decken: Massivdecken

Steildach Ziegeldeckung

Tabelle 3-98: U-Werte Bauhof Waiblingen – Gebäude 1

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden Garage	235,0	1,80	-
Wände Garage	209,0	1,80	0,525
Fenster Garage	40,0	4,09	1,960
Tore Garage	137,0	4,50	-
Decke zu Lager	240,0	0,23	-
Außenwände Wohnung	107,0	1,80	0,245/0,315
Fenster Wohnung	16,0	3,00	1,190
Wand Wohnung Lager	24,0	1,80	0,280
Oberste Geschossdecke Wohnung	174,0	0,22	0,175

Abbildung 3-16: Aufteilung der Wärmeverluste Bauhof Waiblingen Gebäude 1



Gebäude 2:

Henri-Dunant-Straße 3 – Werkstatt, Lager und Garagen, Bj.ca. 1990

EG: Garagen und Werkstätten (beheizt)

OG: Lager - beheizt

Wände: Betonfertigelemente

Ungedämmte Falttore mit Glasfüllung

Betonpfeiler

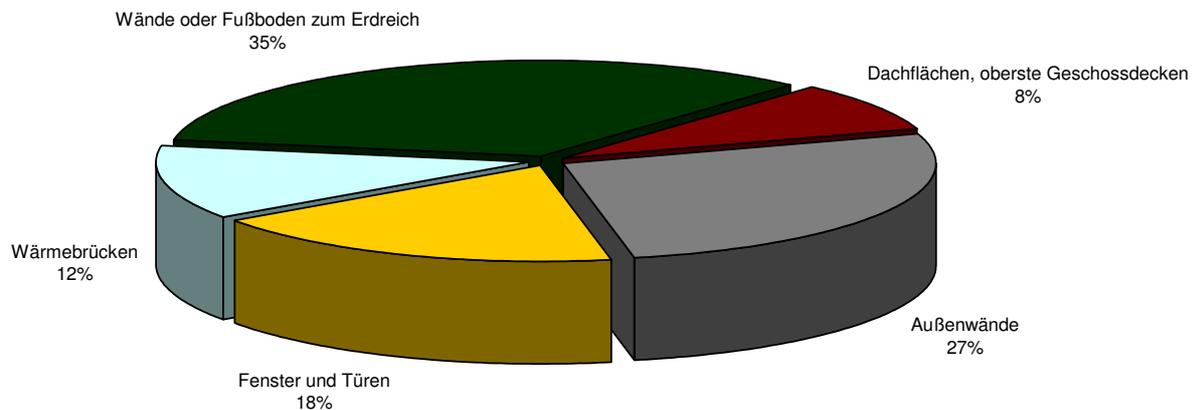
Decken: Massivdecken

Flachdach: Massivdecken

Tabelle 3-99: U-Werte Bauhof Waiblingen – Gebäude 2

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden	1010,9	3,00	-
Flachdach	994,9	0,50	0,280
Oberlichter	16,0	4,00	-
Außenwände	570,9	1,80	0,525
Fenster	188,6	2,80	1,960
Außenwände	102,8	2,47	0,525
Fenster	11,9	2,80	1,960
Tore	102,8	3,50	-
Türen	17,3	3,50	2,030

Abbildung 3-17: Aufteilung der Wärmeverluste Bauhof Waiblingen Gebäude 2



Gebäude 3:

Henri-Dunant-Straße 3 – Sozialbau, Bj.ca. 1980

EG: Sozialräume, Duschen, Umkleiden – beheizt

OG: Wohnung und Lager (unbeheizt)

Außenwände: Kalksandstein

Fenster: Isolierverglasung/Holzrahmen

Ungedämmte Falttore mit Glasfüllung

Betonpfeiler

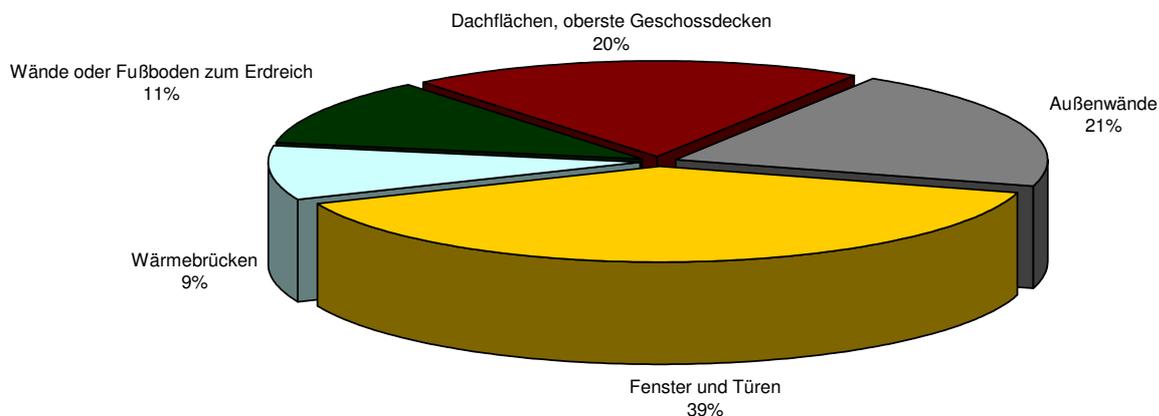
Decken: Massivdecken

Flachdach: Massivdecken

Tabelle 3-100: U-Werte Bauhof Waiblingen – Gebäude 3

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Kellerdecke	366,9	0,85	0,280
Außenwände alt (Klinker)	261,4	1,00	0,245/0,315
Außenwände neu	61,1	0,35	0,245/0,315
Fenster alt	175,2	2,80	1,190
Fenster neu	20,2	2,28	1,190
Dach alt	319,5	0,80	0,175
Dach neu	43,5	0,30	0,175

Abbildung 3-18: Aufteilung der Wärmeverluste Bauhof Waiblingen Gebäude 3



**Gebäude 4:**

Henri-Dunant-Straße 7 – Neubau, Bj. ca. 2001

EG: Garagen – beheizt

OG: Büros

Außenwände:

Fenster: Wärmeschutzverglasung/Alurahmen (thermisch entkoppelt)

Ungedämmte Falttore mit Glasfüllung

Betonpfeiler

Decken: Massivdecken

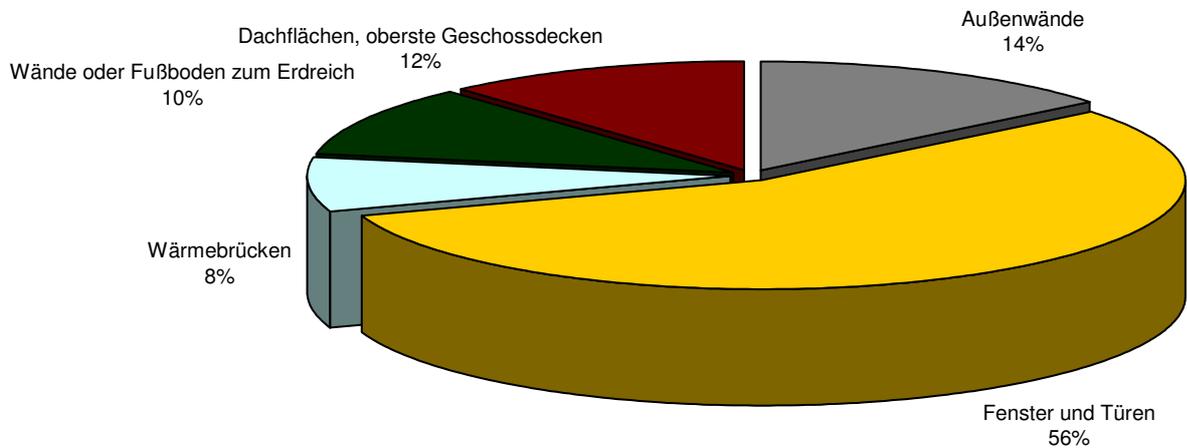
Pulldach

Wärmeschutz der Bauteile:

Tabelle 3-101: U-Werte Bauhof Waiblingen – Gebäude 4

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden Eingang	41,9	0,35	0,280
Fußboden Werkstatt	179,7	0,50	-
Außenwände Büro/Eingang	148,1	0,35	0,245/0,315
Fenster Büro/Eingang	143,2	1,68	1,190
Außenwände Werkstatt	75,4	0,50	0,525
Fenster Werkstatt	42,0	1,80	1,960
Tore Werkstatt	12,6	1,80	-
Wand zur Garage-Büro	29,6	0,50	0,280
Wand zur Garage-Werkstatt	13,9	0,50	-

Abbildung 3-19: Aufteilung der Wärmeverluste Bauhof Waiblingen Gebäude 4



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Fernwärme.  
Radiatorheizkörper und Luftheizung.

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
Heizungsumwälzpumpen  
Leittechnik  
Druckluft

### Schwachstellen:

- Heizkörper in der Fahrzeughallen. Ungenutzte Wärmeabgabe der Thermostatventile bei geöffneten Toren.  
Bei geschlossenen Toren hohe Wärmeverluste durch ungedämmte Tore mit Glasfüllungen.
- Elektrischer, fest installierter Dampfstrahler in Waschhalle. Umstellung auf Gasbetrieb mit Wärmerückgewinnung prüfen.
- Luftheizung in den Werkstätten.
- Ungedämmte Decken in den Fahrzeughallen. Bei geöffneten Fenstern und Toren auskühlung der Decken und erhöhte Wärmeverluste.





Kommentar:

- Hoher Wasserverbrauch durch Fahrzeugwaschplatz.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-102: Sanierungsmaßnahmen Bauhof Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände am Anbau dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,25 – 0,22
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Dächer dämmen	Dämmung 14 cm; WLG 030	0,17
Kellerdecken dämmen	Dämmung 10 cm; WLG 040	0,28
Tore erneuern	Wärmedämmende Tore	2,00
<b>Heizung</b>		
Thermische Solaranlage	Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung (Duschen)	

Tabelle 3-103: Energie und Emissionen Bauhof Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>												
	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung			
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[%]	[%]
IST-Zustand	453.100	15.000	468.100	1	468.117		0,254	118,9				
Außenwände dämmen	361.000	15.000	376.000	1	376.000	92.117	0,254	95,5	23,4	19,7	19,7	
Fenster erneuern	416.700	15.000	431.700	1	431.700	36.417	0,254	109,7	9,2	7,8	7,8	
Decken dämmen	415.200	15.000	430.200	1	430.200	37.917	0,254	109,3	9,6	8,1	8,1	
Fußboden Garage dämmen	387.800	15.000	402.800	1	402.800	65.317	0,254	102,3	16,6	14,0	14,0	
Tore erneuern	435.700	15.000	450.700	1	450.700	17.417	0,254	114,5	4,4	3,7	3,7	
<b>Heizung</b>												
	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung			
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[%]	[%]
Ist-Zustand	453.100	15.000	468.100	1	468.100		0,254	118,9				
Thermische Solaranlage	453.100	7.500	460.600	1	460.600	7.517	0,254	117,0	1,9	1,6	1,6	

Tabelle 3-104: Kosten und Wirtschaftlichkeit Bauhof Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
IST-Zustand				6,98	32.651	32.651				
Außenwände dämmen	400.500	50	18.643	6,98	26.226	44.869	-12.218	522	20,24	138.000
Fenster erneuern	215.800	50	10.046	6,98	30.111	40.157	-7.505	811	27,58	54.600
Decken dämmen	320.280	50	14.909	6,98	30.006	44.916	-12.264	1.273	39,32	56.800
Fußboden Garage dämmen	403.100	50	18.764	6,98	28.095	46.860	-14.209	856	28,73	97.900
Tore erneuern	167.900	50	7.816	6,98	31.436	39.252	-6.601	1.492	44,87	26.100

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/kWh]	[€]
Ist-Zustand				6,98	32.650	32.650				
Thermische Solaranlage	12.000	20	883	6,98	32.127	33.010	-359	188	11,75	7.100

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-105: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Bauhof Waiblingen

<b>Heizung</b>	
Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung	Thermische Solaranlage Wärmeerzeugung ca. 7.500 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 2,5 t/a
Höherer Anteil Erneuerbarer Energien an Fernwärme	70% Erneuerbare Energien in der Fernwärme Wärmeerzeugung ca. 468.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 49 t/a
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 468.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 133 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 468.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 73 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 150.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 24 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Süddach Nutzbare Dachfläche ca. 200 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 20 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 18.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 12 t/a Auf Grund der Statik des Dachstuhls problematisch, mit Sondermodulen (Dachintegration) möglich. An gut einsehbarer Stelle im Bereich des Stadtttores sinnvoll.
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 150.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 75.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 48 t/a

Empfehlungen:

- Zwischenzähler für die einzelnen Wärmeverbraucher installieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Möglichkeit untersuchen, für die Warmwasserbereitung eine thermische Solaranlage zu installieren.
- Möglichkeit untersuchen, die Heizkörper in den Fahrzeugabstellhallen stillzulegen.
- Luftheizungsanlage in den Werkstätten genauer untersuchen und Möglichkeiten für ein alternatives Heizungs- und Lüftungskonzept erstellen.
- Möglichkeit untersuchen, die Wärmebereitung für den Dampfstrahler mit Gas vorzunehmen.
- Druckluftsystem untersuchen.

### 3.1.16 Bürgerzentrum Waiblingen

Basisdaten:

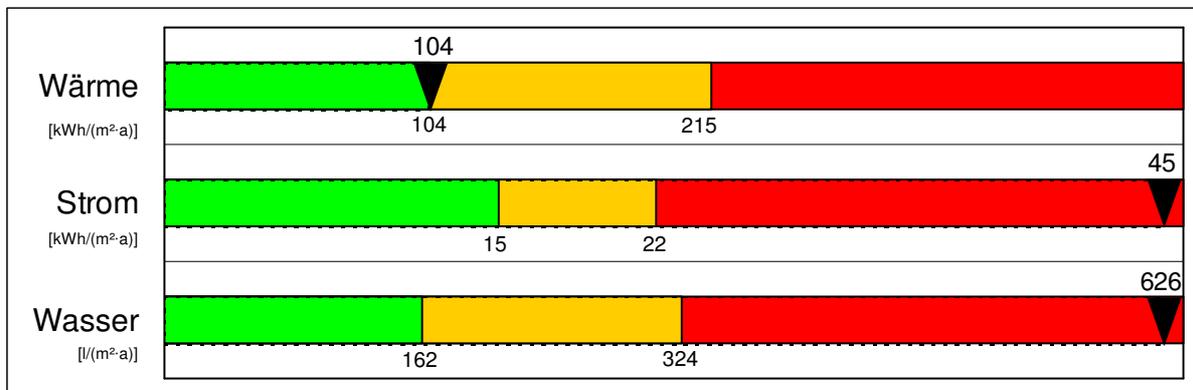
Anschrift: An der Talau 4, 71334 Waiblingen  
 Baujahr: 1986  
 Gebäudetyp: Versammlungsgebäude  
 Bruttovolumen: 30.321 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 7.075 m<sup>2</sup> (beheizt) / 7.844 (mit Tiefgarage)  
 Umfassungsflächen: 11.856 m<sup>2</sup>



Energieverbrauch und -kennzahl:

Tabelle 3-106: Verbrauchsdaten und Kennzahl Bürgerzentrum Waiblingen

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Fernwärme	kWh	596.940	104
Strom	Allgemeinstrom	kWh	351.114	45
Wasser		m <sup>3</sup>	4.911	626



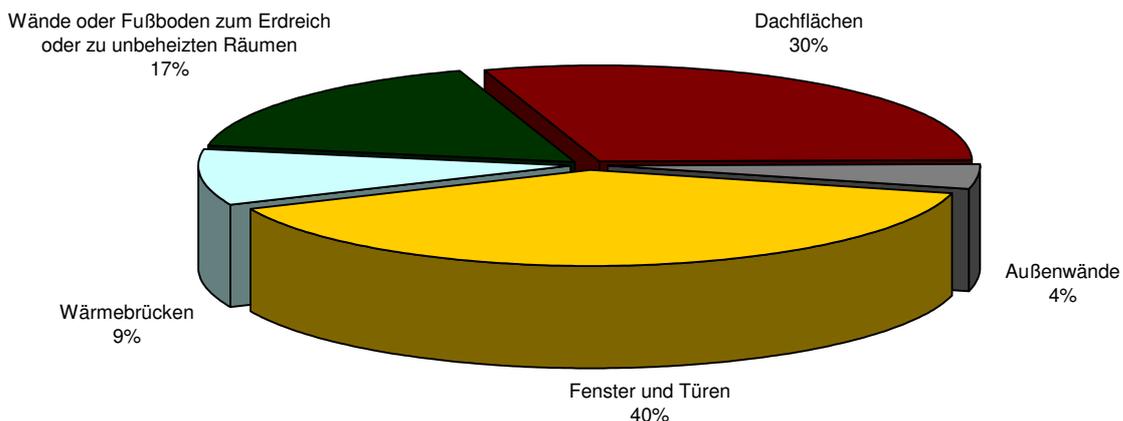
Gebäudehülle:

Massivbau  
 Wände: Mauerwerk, Holz-Glas-Fassade  
 Decken: Massivbeton  
 Flachdach: begrünt  
 Steildach: Kupferdeckung

Tabelle 3-107: U-Werte Bürgerzentrum Waiblingen

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Außenwand verputzt	508,2	0,60	0,245/0,315
Fenster	162,2	2,20	1,190
Fensterfronten	1024,3	2,70	1,190
Außenwände verkleidet	460,1	0,76	0,245/0,315
Wände zu unbeh. Räumen	461,9	1,50	0,280
Decke zu unbeh. Räumen	1342,5	0,65	0,280
Decke zu Tiefgarage	2720,0	0,65	0,280
Decke nach unten gegen AL	121,5	0,90	0,280
Flachdach	781,9	0,55	0,175
Terrasse	111,7	0,55	0,175
Schrägdach	3890,4	0,60	0,210
Außenwand Erdreich	77,8	0,80	0,280
Oberlichter	137,3	3,00	-
Betonsturz	56,0	2,00	0,245/0,315

Abbildung 3-20: Aufteilung der Wärmeverluste Bürgerzentrum Waiblingen



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Fernwärme

### Stromverbraucher:

Beleuchtung  
Lüftung  
Heizungsumwälzpumpen  
Bürotechnik

### Schwachstellen:

- Große verglaste Flächen mit hohen Transmissionswärmeverlusten.
- Decke ohne Dämmung direkt zur Außenluft mit hohen Transmissionswärmeverlusten. Auskühlung der Decke.
- Heizkörper direkt hinter der Bühnen- und Küchenanlieferung. Türen und Tor steht bei Anlieferung oft und lange Zeit offen. Hohe Lüftungswärmeverluste bei offen stehenden Türen und Toren.
- Betonträger führen durch die wärmedämmende Außenhülle. Wärmeverluste über die Träger und die Brüstung.



### Kommentar:

- Gemischte Nutzung des Bürgerzentrums als Veranstaltungsgebäude und Gastwirtschaft.
- Höherer Stromverbrauch z. T. durch Tiefgarage verursacht.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-108: Sanierungsmaßnahmen Bürgerzentrum Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
verputzte Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,24
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Decke Tiefgarage dämmen	zus. Dämmung 8 cm; WLG 040	0,28
Decke zu unbeheizten Räumen dämmen	zus. Dämmung 8 cm; WLG 040	0,28
Flachdach dämmen	zus. Dämmung 12 cm; WLG 030	0,17
Decke nach unten gegen Außenluft dämmen	zus. Dämmung 14 cm; WLG 035	0,20
<b>Heizung</b>		
Fernwärme mit 70% regenerativen Anteil	Einsatz regenerativer Brennstoffe bei der Fernwärmeversorgung (z. B. Holzhackschnitzelkessel, Pflanzenöl-BHKW, Biogas-BHKW)	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung sanieren	Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten und T5-Leuchtstoffröhren und Reflektoren (Nachrüstung der bestehenden Leuchten); tageslicht und nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	

Tabelle 3-109: Energie und Emissionen Bürgerzentrum Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
Ist-Zustand	579.900	17.000	596.900	596.900	1	596.940		0,321	191,6	
verputzte Außenwände dämmen	569.200	17.000	586.200	586.200	1	586.200	10.740	0,321	188,2	3,4
Fenster erneuern	562.500	17.000	579.500	579.500	1	579.500	17.440	0,321	186,0	5,6
Fensterfronten Säle erneuern	510.700	17.000	527.700	527.700	1	527.700	69.240	0,321	169,4	22,2
Decke Tiefgarage	553.900	17.000	570.900	570.900	1	570.900	26.040	0,321	183,3	8,4
Decke zu unbeh. Räumen dämmen	567.100	17.000	584.100	584.100	1	584.100	12.840	0,321	187,5	4,1
Flachdach dämmen	565.400	17.000	582.400	582.400	1	582.400	14.540	0,321	187,0	4,7
Decke nach unten gegen AL dämmen	575.500	17.000	592.500	592.500	1	592.500	4.440	0,321	190,2	1,4
<b>Heizung</b>		Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
Ist-Zustand	579.900	17.000	596.900	596.900	1	596.900		0,321	191,6	
Fernwärme mit 70% regenerativ	579.900	17.000	596.900	596.900	1	596.900		0,217	129,5	62,1
<b>Strom</b>						Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung
						[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]
Ist-Zustand						351.114		0,641	225,1	
Lüftung sanieren						265.000	86.114	0,641	169,9	55,2

Tabelle 3-110: Kosten und Wirtschaftlichkeit Bürgerzentrum Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				8,90	53.110	53.110				
verputzte Außenwände dämmen	107.300	50	4.995	8,90	52.154	57.149	-4.039	1.172	46,51	20.500
Fenster erneuern	73.000	50	3.398	8,90	51.558	54.956	-1.847	330	19,48	33.300
Fensterfronten Säle erneuern	460.900	50	21.455	8,90	46.949	68.404	-15.295	688	30,99	132.300
Decke Tiefgarage	149.600	50	6.964	8,90	50.793	57.757	-4.647	556	26,74	49.800
Decke zu unbeh. Räumen dämmen	73.800	50	3.435	8,90	51.967	55.403	-2.293	556	26,76	24.500
Flachdach dämmen	172.000	50	8.007	8,90	51.816	59.823	-6.713	1.438	55,07	27.800
Decke nach unten gegen AL dämmen	24.300	50	1.131	8,90	52.715	53.846	-736	517	25,48	8.500

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				8,90	53.106	53.106	4			
Fernwärme mit 70% regenerativ	300.000	20	22.075	6,00	35.814	57.889	-4.779	77	5,20	235.000

<b>Strom</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				25,11	88.165	88.165				
Lüftung sanieren	180.000	20	13.245	25,11	66.542	79.786	8.379	-	15,38	293.900

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Fernwärme anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-111: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Bürgerzentrum - Waiblingen

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 220.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 54 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 9 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 220.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 26 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Süddach des Westanbaus Nutzbare Dachfläche ca. 70 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 8 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 7.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 4,5 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 80.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 40.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 22 t/a

Empfehlungen:

- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Lüftungsanlage genauer untersuchen.
- Möglichkeit untersuchen, die Heizkörper hinter den Tore stillzulegen.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.17 Feuerwehr Waiblingen

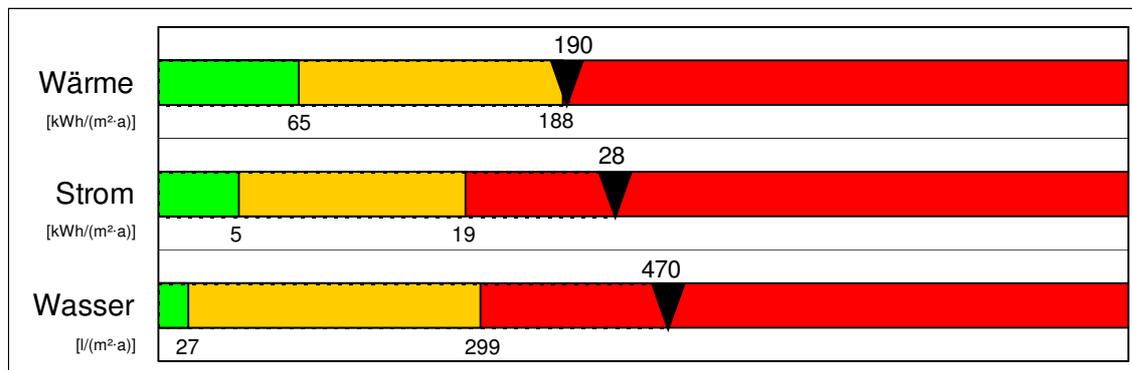
Basisdaten:

Anschrift: Winnender Straße 11, 71334 Waiblingen  
 Baujahr: 1956  
 Gebäudetyp: Feuerwehrgerätehaus  
 Bruttovolumen: 4.115 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 1.213 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 2.187 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-112: Verbrauchsdaten und Kennzahl Feuerwehr Waiblingen

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Fernwärme	kWh	192.995	190
Strom	Allgemeinstrom	kWh	35.184	28
Wasser		m <sup>3</sup>	587	470



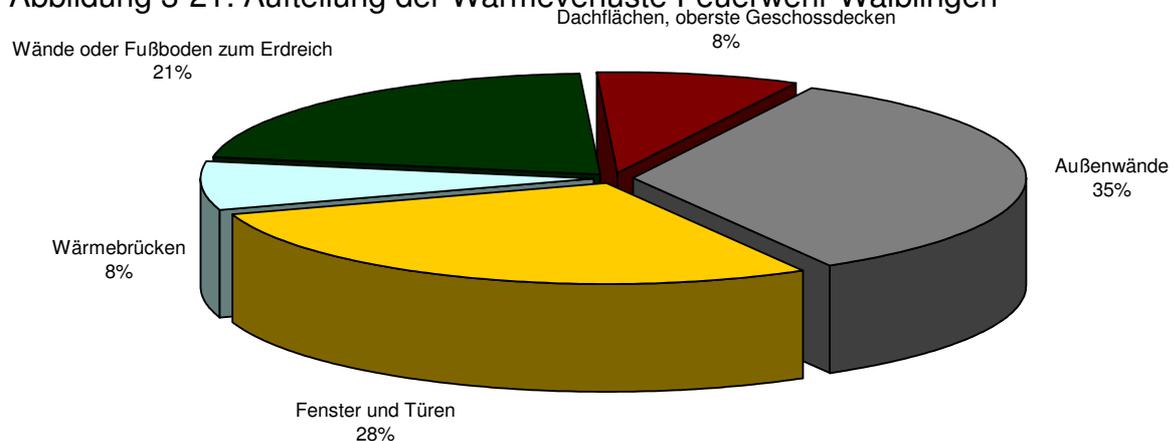
Gebäudehülle:

Wände: Massiv  
 Decken: Massivdecken  
 Steildach Ziegeldeckung

Tabelle 3-113: U-Werte Feuerwehr Waiblingen

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Außenwand	565,2	1,58	0,245/0,525
Außenwand zum Erdreich	96,2	0,59	-
Außenwand Unbeheizt R.	55,4	1,11	-
AW Oberlicht Anbau	6,5	0,82	0,525
Dachfläche	495,6	0,35	0,210/0,280
Dachfläche Vorbau Leitzentrale Metall	9,9	1,50	0,210
DFF	1,8	2,90	1,960
Fenster neu	62,9	1,50	1,960
Fenster alt	41,6	2,70	1,960
Glaswand	18,6	2,50	1,960
Tore	151,6	2,88	-
Türen	8,9	3,27	2,030
Kellerdecke	95,8	0,97	-
Bodenplatte	470,3	2,43	-
Oberste Geschoßdecke	107,0	1,13	0,280

Abbildung 3-21: Aufteilung der Wärmeverluste Feuerwehr Waiblingen



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Fernwärme.  
 Radiatorheizkörper und Luftheizung.

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
 Heizungsumwälzpumpen  
 DDC-Steuerung mit Modemverbindung zum Leitrechner im Hochbauamt  
 Druckluft

### Schwachstellen:

- Ungenutzte Tore an der Nordseite. Hoher Wärmeverlust durch ungedämmte Stahlrahmen und Undichtigkeiten. Tore werden nicht mehr für die Ein- und Ausfahrt genutzt und können zugemauert werden.



- Ungedämmt Heizungsleitungen im ungedämmten Dachraum.



- Abluftventilator im Getränkelagerraum ständig in Betrieb. Hohe Lüftungswärmeverluste.



- Warmwasserbereitung trotz geringem Warmwasserbedarf. Kaum Anforderungen für Warmwasser (Duschen, Küche).





Kommentar:

- Wohnung im Ober- und Dachgeschoss (teilweise).

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-114: Sanierungsmaßnahmen Feuerwehr Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände am Anbau dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,22
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Kellerdecke dämmen	Dämmung 10 cm; WLG 040	0,28
Oberste Geschossdecke dämmen	Dämmung 20 cm; WLG 040	0,17
<b>Heizung</b>		
Fernwärme mit 70% regenerativen Anteil	Einsatz regenerativer Brennstoffe bei der Fernwärmeversorgung (z. B. Holzhackschnitzelkessel, Pflanzenöl-BHKW, Biogas-BHKW)	

Tabelle 3-115: Energie und Emissionen Feuerwehr Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung		
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]		
Ist-Zustand	193.000		193.000	1	192.990		0,321	61,9			
Außenwände dämmen	142.600		142.600	1	142.600	50.390	0,321	45,8	16,2		
Fenster erneuern	184.900		184.900	1	184.900	8.090	0,321	59,4	2,6		
Kellerdecke dämmen	187.700		187.700	1	187.700	5.290	0,321	60,3	1,7		
Oberste Geschossfläche dämmen	186.500		186.500	1	186.500	6.490	0,321	59,9	2,1		
<b>Tore Nord zumauern</b>	<b>177.200</b>		<b>177.200</b>	<b>1</b>	<b>177.200</b>	<b>15.790</b>	<b>0,321</b>	<b>56,9</b>	<b>5,1</b>		
<b>Heizung</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung		
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]		
Ist-Zustand	193.000		193.000	1	193.000		0,321	62,0			
Fernwärme mit 70% regenerativ	193.000		193.000	1	193.000	-10	0,217	41,9	32,4		
<b>Strom</b>	Investitions- kosten	Sowieso- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie-preis	Energie- kosten	Wartungs- kosten	Betriebs- kosten	Instand- haltungs- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten
					[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand					35.184			0,641	22,6		
Beleuchtung steuern					27.000	8.184	23,3	0,641	17,3	5,2	23,3
Luftheizung teilweise abstellen					30.000	5.184	14,7	0,641	19,2	3,3	14,7

Tabelle 3-116: Kosten und Wirtschaftlichkeit Feuerwehr Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/ct/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/ct/kWh]	[€]
Ist-Zustand				8,08	15.585	15.585				
Außenwände dämmen	152.900	50	7.118	8,08	11.516	18.633	-3.048	188	14,12	87.400
Fenster erneuern	18.700	50	870	8,08	14.932	15.802	-217	84	10,76	14.000
Kellerdecke dämmen	7.700	50	358	8,08	15.158	15.516	69	-	6,78	9.200
Oberste Geschossfläche dämmen	10.700	50	498	8,08	15.061	15.559	26	-	7,67	11.300
Tore Nord zumauern	15.200	50	708	8,08	14.310	15.017	568	-	4,48	27.400

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/ct/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/ct/kWh]	[€]
Ist-Zustand				8,08	15.586	15.586	-1			
Fernwärme mit 70% regenerativ	100.000	20	7.358	6,00	11.580	18.938	-3.353	167	4,26	54.400

<b>Strom</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/ct/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/ct/kWh]	[€]
Ist-Zustand				23,20	8.164	8.164				
Beleuchtung steuern	2.000	20	147	23,20	6.265	6.412	1.752	-	1,80	25.800
Luftheizung teilweise abstellen	3.000	20	221	23,20	6.961	7.182	982	-	4,26	16.300

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Fernwärme anteilig.

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-117: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Feuerwehr Waiblingen

<b>Heizung</b>	
Höherer Anteil Erneuerbarer Energien an Fernwärme	70% Erneuerbare Energien in der Fernwärme Wärmeerzeugung ca. 190.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 20 t/a
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 190.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 55 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 190.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 30 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Fotovoltaikanlage auf dem Süddach Nutzbare Dachfläche ca. 200 m <sup>2</sup> Installierbare Leistung ca. 20 kW <sub>p</sub> Stromerzeugung ca. 18.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 12 t/a Auf Grund der Statik des Dachstuhls problematisch, mit Sondermodulen (Dachintegration) möglich. An gut einsehbarer Stelle im Bereich des Stadttores sinnvoll.

Empfehlungen:

- Zwischenzähler für die einzelnen Wärmeverbraucher installieren.
- Wärmeverbrauch kontrollieren und analysieren
- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Möglichkeit untersuchen, die Warmwasserbereitung zu ändern.
- Möglichkeit untersuchen, die Abluftventilator im Getränkelager zu regeln.
- Möglichkeit untersuchen, die Tore an der nördlichen Fassade zuzumauern.
- Ungedämmte Leitungen in unbeheizten Räumen dämmen.
- Druckluftsystem untersuchen.

### 3.1.18 Museum Waiblingen

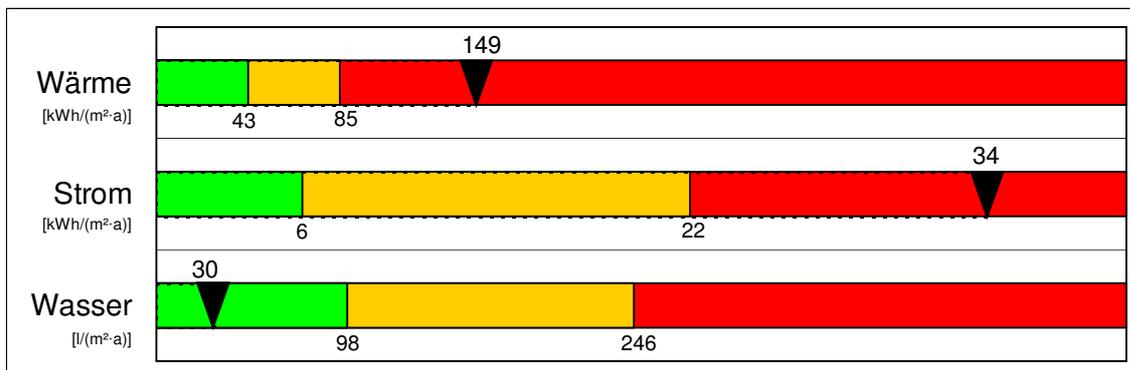
Basisdaten:

Anschrift: Weingärtner Vorstadt 20, 71332 Waiblingen  
 Baujahr: vor 1600  
 Gebäudetyp: Museum  
 Bruttovolumen: 2.691 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 913 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 1.284 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-118: Verbrauchsdaten und Kennzahl Museum Waiblingen

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas	kWh	119.875	149
Strom	Allgemeinstrom	kWh	33.508	34
Wasser		m <sup>3</sup>	29	30



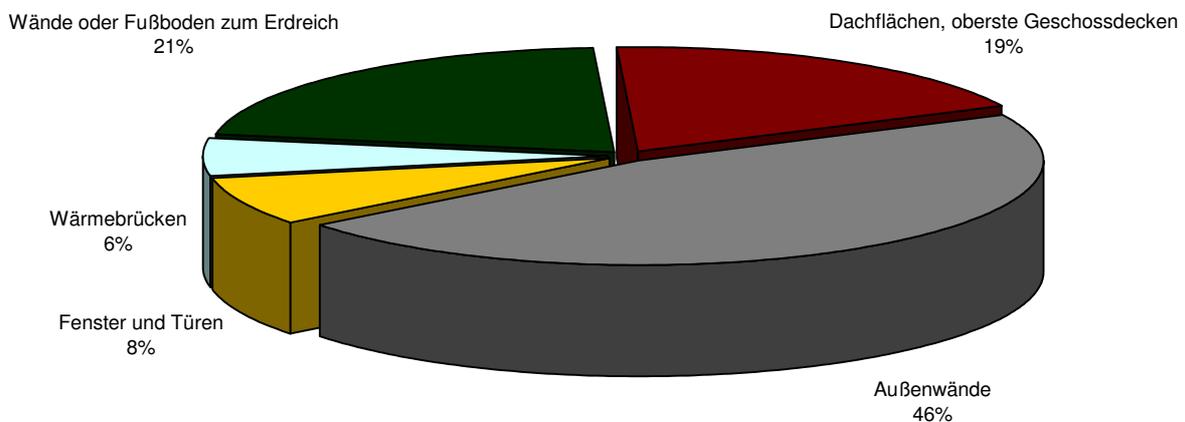
Gebäudehülle:

Fachwerkbau  
 Wände: Fachwerk  
 Decken: Holzbalken  
 Steildach Ziegeldeckung

Tabelle 3-119: U-Werte Museum Waiblingen

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Fußboden UG	195,0	3,00	0,280
Fußboden Anbau	59,5	0,70	0,280
Außenwände	454,8	2,16	0,245/0,315
Außenwände Anbau	49,4	0,67	0,245/0,315
Außenwände zum Erdreich	83,2	1,83	0,280
Dach	310,8	1,20	0,210
Dach Anbau	74,4	0,40	0,210
Fenster Typ 1	9,6	1,60	1,190
Fenster Typ 2	12,3	4,20	1,190
Fenster Typ 3	25,8	2,70	1,190

Abbildung 3-22: Aufteilung der Wärmeverluste Museum Waiblingen



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Gas-Standardkessel: Viessmann Paramat-Duplex, Bj. 1988.  
 Heizungsverteiler mit sechs Heizkreisen.  
 Fußbodenheizung und Luftheizung

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
 Heizungsumwälzpumpen  
 Lüftungsventilatoren

Schwachstellen:

- Historische Bausubstanz mit Fachwerk und Einscheibenverglasung.
- Undichtigkeiten (große Fugen) an Fenster und andere Gebäudeöffnungen.
- Luftheizungsanlage zur Wärmeversorgung. Hoher Aufwand für die Wärmeverteilung. Regelung nicht auf den tatsächlichen Bedarf (Besucher) eingerichtet.
- Beleuchtungsanlage nicht auf den tatsächlichen Bedarf (Besucher) eingerichtet. Zentral gesteuerte Beleuchtung. Präsenzmelder einzelner Beleuchtungsabschnitte oder Fernbedinung zur bedarfsgerechten Beleuchtung bei Besucheraufkommen.
- Türen schließen nicht automatisch. Außentüre steht während der Öffnungszeiten immer offen.



Kommentar:

- Fachwerkgebäude unter Denkmalschutz.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-120: Sanierungsmaßnahmen Museum Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände am Anbau dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,24
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Dach dämmen	zus. Dämmung 18 cm; WLG 035	0,17
<b>Heizung</b>		
Gasbrennwertkessel	Gasbrennwertkessel 70 kW zur alleinigen Wärmebereitung.	
Holzpelletkessel	Holzpelletkessel 70 kW zur alleinigen Wärmebereitung.	
An Fernwärme anschließen	Anschluss an das bestehende Fernwärmenetz	
An Fernwärme anschließen mit 70% regenerativen Anteil	Anschluss an das bestehende Fernwärmenetz Einsatz regenerativer Brennstoffe bei der Fernwärmeversorgung (z. B. Holzhackschnitzelkessel, Pflanzenöl-BHKW, Biogas-BHKW)	
<b>Strom</b>		
Beleuchtung steuern	nutzungsabhängige Beleuchtungsregelung.	
Lüftungsanlage teilweise abschalten	Deckenstrahlungsheizung statt Luftheizungsanlage installieren und Lüftung abstellen.	



Tabelle 3-122: Kosten und Wirtschaftlichkeit Museum Waiblingen

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/ct/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/ct/kWh]	[€]
Ist-Zustand				7,01	8.398	8.398				
Außenwände Anbau dämmen	10.600	50	493	7,01	8.311	8.804	-406	1.278	39,47	1.900
Fenster erneuern	19.100	50	889	7,01	8.136	9.025	-626	658	23,71	5.600
Dach dämmen	69.300	50	3.226	7,01	7.137	10.363	-1.965	430	17,92	27.100
		50		7,01	8.398	8.398			7,01	

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/ct/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/ct/kWh]	[€]
Ist-Zustand				7,01	8.398	8.398				
Brennwertkessel	25.000	20	1.840	7,01	6.719	8.558	-160	26	7,67	22.800
Holzpelletkessel	70.000	20	5.151	6,00	7.193	12.343	-3.945	146	2,71	16.400
An Fernwärme anschließen	25.000	20	1.840	8,00	7.672	9.512	-1.113	-3.316	12,64	9.900
An Fernwärme mit 70% regenerativ anschließen	75.000	20	5.519	6,00	5.754	11.273	-2.874	298	17,99	35.900

<b>Strom</b>	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Kapital- kosten	Energie- preis	Energie- kosten	Gesamt- kosten	Einsparung bzw. Mehrkosten	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung	Energiepreis- Grenzwert	Investitions- kosten- Grenzwert
	[€]	[a]	[€/a]	[€/ct/kWh]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/tCO <sub>2</sub> ]	[€/ct/kWh]	[€]
Ist-Zustand				23,54	7.889	7.889				
Beleuchtung steuern	2.000	20	147	23,54	6.357	6.504	1.385	-	2,26	20.800
Luftheizung teilweise abstellen	3.000	20	221	23,54	7.063	7.284	605	-	6,29	11.200

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Investition rentieren), damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Investitionskosten Fernwärme 70% regenerativ anteilig.

### 3.1 Einzelauswertung – Museum Waiblingen



Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-123: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Museum Waiblingen

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 120.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 27 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 120.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 15 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Auf Grund des Denkmalschutzes problematisch!

Empfehlungen:

- Wärmeverbrauch kontrollieren und analysieren
- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Lüftungsanlage genauer untersuchen.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.19 Stadtgärtnerei

Basisdaten:

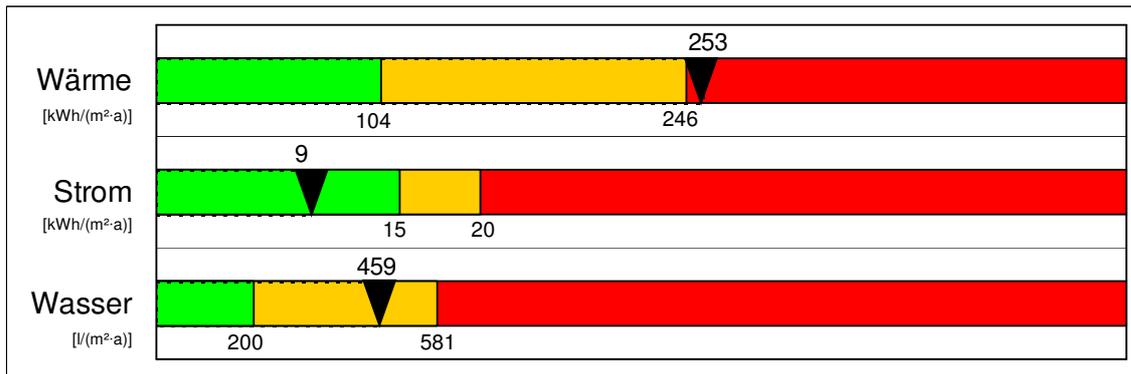
Anschrift: Alte Rommelshauer Straße 39, 71332 Waiblingen  
 Baujahr: 1960 - 2001  
 Gebäudetyp: Verwaltungsgebäude, Sozialgebäude, Fahrzeug- und Lagerhallen  
 Bruttovolumen: 388 m<sup>3</sup> (beheizt)/2.174 m<sup>3</sup> (teilweise beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 138 m<sup>2</sup> (beheizt)/666 m<sup>2</sup> (teilweise beheizt)  
 Umfassungsflächen: 2.244 m<sup>2</sup>



Energieverbrauch und -kennzahl:

Tabelle 3-124: Verbrauchsdaten und Kennzahl Stadtgärtnerei

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Heizöl	kWh	165.743	253
Strom	Allgemeinstrom	kWh	7.631	9
Wasser		m <sup>3</sup>	369	459



Gebäudehülle:

Betriebsgebäude (beheizt):

Aufenthaltsräume, Duschen, Umkleiden, Büro  
 Bj.: 1964

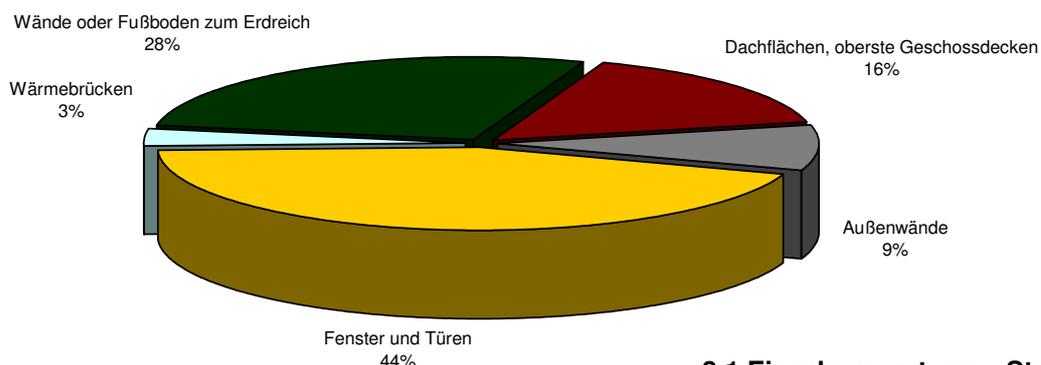
Wände: Massiv  
 Fenster: Isolierverglasung/Holzrahmen  
 Betonpfeiler  
 Flachdach: Massivdecke

Wärmeschutz der Bauteile:

Tabelle 3-125: U-Werte Stadtgärtnerei - Betriebsgebäude

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Kellerdecke	102,0	1,80	0,280/ -
Fußboden Arbeitsraum	34,0	2,50	-
Verglasung Arbeitsraum	43,7	5,00	1,960
Außenwände Aufenthaltsraum	45,3	0,63	0,245/0,315
Außenwände Aufenthaltsraum einschalig	6,0	1,53	0,245/0,315
Fenster	14,9	2,64	1,190/1,960
Türe	2,8	3,50	2,030
Dach Arbeitsraum	34,0	0,85	0,280
Dach Aufenthaltsraum	102,0	0,85	0,175
Wand zu Geräteraum	22,8	2,90	0,280
Glasbausteine	3,8	3,50	-

Abbildung 3-23: Aufteilung der Wärmeverluste Stadtgärtnerei - Betriebsgebäude

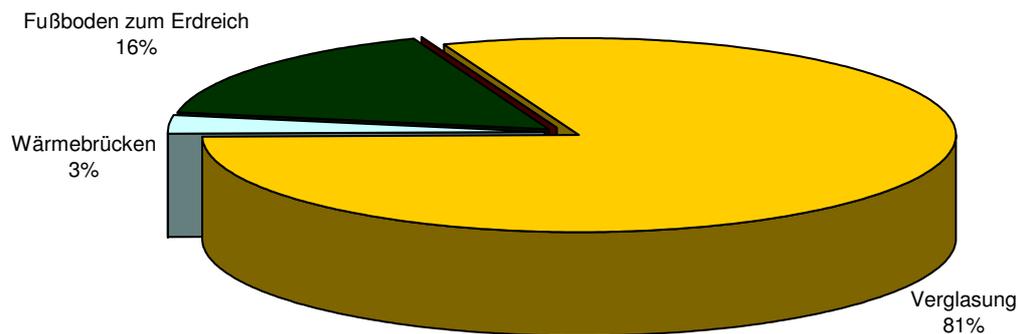


Gewächshäuser:

Tabelle 3-126: U-Werte Stadtgärtnerei - Gewächshäuser

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Boden Gewächshäuser	666,0	2,95	-
Verglasung Gewächshäuser	1167,0	5,00	-

Abbildung 3-24: Aufteilung der Wärmeverluste Stadtgärtnerei - Gewächshäuser



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Heizöl-Niedertemperaturkessel  
 Radiatorheizkörper (Betriebsgebäude) und Rohrheizung (Gewächshäuser).  
 Warmwasser-Speicher-Wärmepumpe

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
 Heizungsumwälzpumpen  
 Wärmepumpe

Kommentar:

- Objekt mit unterschiedlicher Nutzung der einzelnen Gebäude. Gewächshäuser und Büro-, Sozial- und Arbeitsgebäude.
- Gewächshäuser werden nicht alle beheizt.
- Zusatzheizung für Extremkälte im Gewächshaus über Flüssiggas-Luftheizer.

Schwachstellen:

- Fehlende Energieschirme in einigen Gewächshäusern.
- Großer Fensterflächenanteil und Glasbausteine im Aufenthaltsbereich. Dadurch ergeben sich Zugerscheinungen durch kalte Flächen. Hohe Raumlufttemperaturen werden zum Behaglichkeitsausgleich erforderlich.
- Wenig gedämmte Kellerdecke und Flachdach.



Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-127: Sanierungsmaßnahmen Stadtgärtnerei

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände am Anbau dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,21
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Kellerdecken dämmen	Dämmung 12 cm; WLG 040	0,28
Flachdach dämmen	Dämmung 14 cm; WLG 0,30	0,17
Energieschirme	Energieschirme in den Gewächshäusern	-
<b>Heizung</b>		
Niedrige Rohrheizung installieren	Hohe Rohrheizung in den Gewächshäusern durch niedrige Rohrheizung in Pflanzennähe ersetzen.	
Holzpelletkessel	Holzpelletkessel als Ersatz der Öl-Kessel	
Holzhackschnitzelkessel	Holzhackschnitzelkessel als Ersatz der Öl-Kessel	
Pflanzenölkessel	Pflanzenölkessel als Ersatz der Öl-Kessel	
Öl-Brennwertkessel	Öl-Brennwertkessel als Ersatz der Öl-Kessel	

Tabelle 3-128: Energie und Emissionen Stadtgärtnerei

<b>Wärmeschutz</b>	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
IST-Zustand	132.600		132.600	0,8	165.743		0,329	54,5		
Außenwände dämmen	130.000		130.000	0,8	162.500	3.243	0,329	53,5	1,1	2,0
Fenster erneuern	122.000		122.000	0,8	152.500	13.243	0,329	50,2	4,4	8,0
Kellerdecke dämmen	128.500		128.500	0,8	160.625	5.118	0,329	52,8	1,7	3,1
Dach dämmen	128.300		128.300	0,8	160.375	5.368	0,329	52,8	1,8	3,2
Energieschirm installieren	110.000		110.000	0,8	137.500	28.243	0,329	45,2	9,3	17,0
<b>Heizung</b>										
	Heizwärme- verbrauch	Trinkwas- serwärme- verbrauch	Gesamt- wärme- verbrauch	Jahres- Nutzungs- grad	Endenergie- verbrauch	Energie-Einsparung	CO <sub>2</sub> -Faktor	CO <sub>2</sub> -Emission	CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/kWh]	[t/a]	[t/a]	[%]
Ist-Zustand	132.600		132.600	0,8	165.750		0,329	54,5		
Niedrige Rohrheizung installieren	125.000		125.000	0,8	156.250	9.493	0,329	51,4	3,1	5,7
Holzpelletkessel	132.600		132.600	0,8	165.750	-7	0,029	4,8	49,7	91,2
Holzhackschnittelkessel	132.600		132.600	0,8	165.750	-7	0,021	3,5	51,0	93,6
Pflanzenölkessel	132.600		132.600	0,9	147.333	18.410	0,148	21,8	32,7	60,0
Öl-Brennwertkessel	132.600		132.600	1	132.600	33.143	0,329	43,6	10,9	20,0

Tabelle 3-129: Kosten und Wirtschaftlichkeit Stadtgärtnerei

<b>Wärmeschutz</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
IST-Zustand				6,51	10.790	10.790				
Außenwände dämmen	14.200	50	661	6,51	10.579	11.240	-450	422	20,38	4.500
Fenster erneuern	28.000	50	1.303	6,51	9.928	11.231	-441	101	9,84	18.500
Kellerdecke dämmen	8.200	50	382	6,51	10.457	10.838	-49	29	7,46	7.200
Dach dämmen	27.200	50	1.266	6,51	10.440	11.707	-917	519	23,59	7.500
Energieschirm installieren	15.000	50	698	6,51	8.951	9.650	1.140	-	2,47	39.500

<b>Heizung</b>	Investitions- kosten [€]	Nutzungs- dauer [a]	Kapital- kosten [€/a]	Energie- preis [€/ct/kWh]	Energie- kosten [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]	Einsparung bzw. Mehrkosten [€/a]	Kosten der CO <sub>2</sub> - Einsparung [€/tCO <sub>2</sub> ]	Energiepreis- Grenzwert [€/ct/kWh]	Investitions- kosten- Grenzwert [€]
Ist-Zustand				6,51	10.790	10.790	0			
Niedrige Rohrheizung installieren	8.000	20	589	6,51	10.172	10.761	29	-		8.400
Holzpelletkessel	17.000	20	1.251	6,00	9.945	11.196	-406	8	5,76	11.500
Holzhackschnittelkessel	20.000	20	1.472	6,51	10.790	12.262	-1.472	29	5,62	
Pflanzenölkessel	14.000	20	1.030	6,51	9.591	10.622	168	-		16.300
Öl-Brennwertkessel	12.000	20	883	6,51	8.632	9.515	1.275	-		29.300

Anmerkung: Energiepreis-Grenzwerte sind die Energiepreise, ab denen die Maßnahme wirtschaftlich ist; (soviel muss die Energie kosten, damit sich die Investition rentiert). Bei anderen Energieträgern als im Ist-Zustand sind es die oberen Grenzkosten des Energiepreises der Maßnahme; (mehr darf der neue Energieträger nicht kosten, damit sich die Investition rentiert).

Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-130: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Stadtgärtnerei

<b>Heizung</b>	
Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung	Thermische Solaranlage Wärmeerzeugung ca. 7.500 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 2,5 t/a
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 165.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 50 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 165.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 33 t/a
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 90.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 22 t/a
Biogas-BHKW	Biogas-BHKW Wärmeerzeugung ca. 90.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 35 t/a
<b>Strom</b>	
Pflanzenöl-BHKW	Pflanzenöl-BHKW Wärmeerzeugung ca. 90.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 45.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 28 t/a
Biogas-BHKW	Biogas-BHKW Wärmeerzeugung ca. 90.000 kWh/a Stromerzeugung ca. 45.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 35 t/a

Empfehlungen:

- Zwischenzähler für die einzelnen Wärmeverbraucher installieren.
- Wärmeverbrauch kontrollieren und analysieren
- Gebäude genauer untersuchen.
- Heizungsanlage genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Warmwasserbereitung genauer untersuchen.
- Möglichkeit untersuchen, die Wärmeabgabe in den Gewächshäusern zu ändern.  
Z. B. niedrige Rohrheizung statt der hohen Rohrheizung zu installieren.
- Möglichkeit untersuchen, in den Gewächshäusern einen Energieschirm zu installieren.

### 3.1.20 Villa Roller

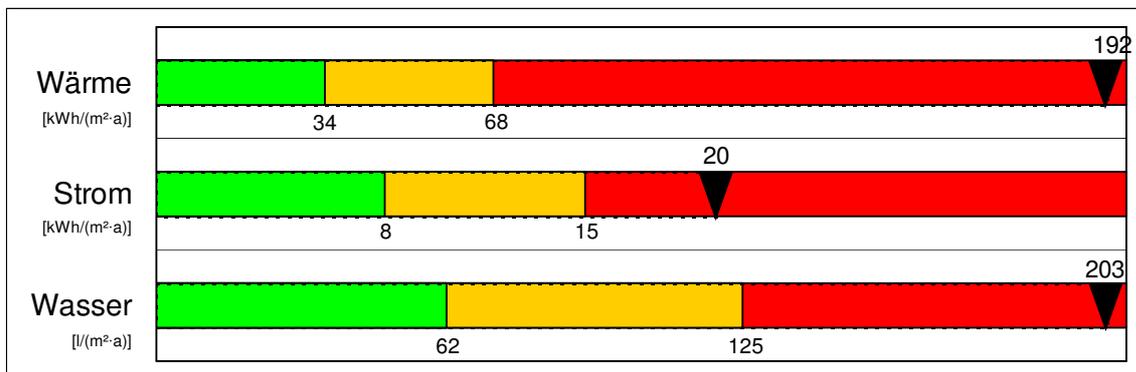
Basisdaten:

Anschrift: Alter Postplatz 16, 71332 Waiblingen  
 Baujahr: 1912  
 Gebäudetyp: Jugendzentrum  
 Bruttovolumen: 2273 m<sup>3</sup> (beheizt)  
 Brutto-Nutzfläche: 675 m<sup>2</sup> (beheizt)  
 Umfassungsflächen: 1.344 m<sup>2</sup>



Tabelle 3-131: Verbrauchsdaten und Kennzahl Villa Roller

Energieart	Energieträger	Einheit	Verbrauch	
			absolut (2005) [Einheit/a]	spezifisch [Einheit/m <sup>2</sup> a]
Wärme	Erdgas	kWh	105.350	192
Strom	Allgemeinstrom	kWh	13.298	20
Wasser		m <sup>3</sup>	137	203



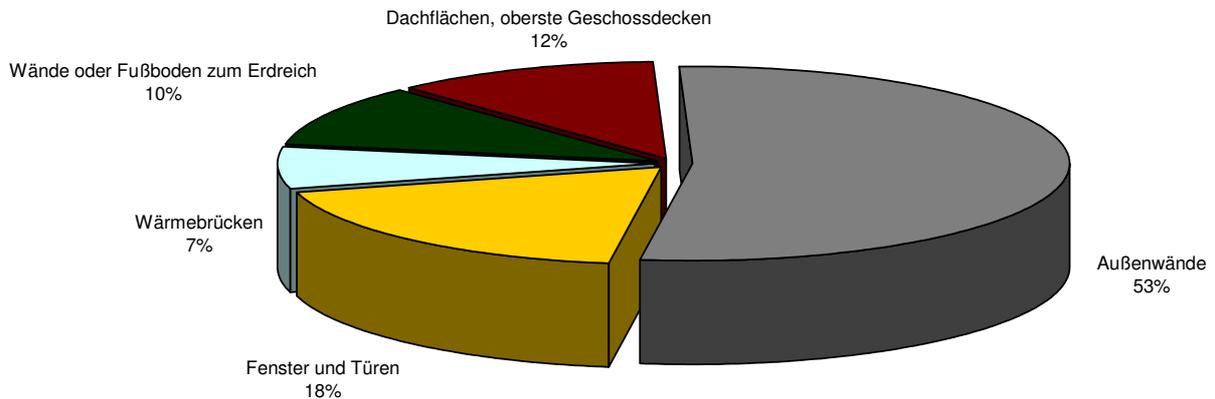
Gebäudehülle:

Jugendstilgebäude  
 Wände: Massiv (Sandstein, Ziegel)  
 Decken: Holzbalken  
 Steildach Ziegeldeckung

Tabelle 3-132: U-Werte Villa Roller

Bauteilbezeichnung	Fläche	U-Wert	Ziel-U-Wert
Außenwände	649,0	1,50	0,245/0,315
Bleiglasfenster	5,8	4,20	1,190
Kellerdecke	242,9	1,08	0,280
Abseitenwand	34,8	2,28	0,210
Fenster 1fach	14,2	4,20	1,190
Fenster 2fach	101,1	2,70	1,190
Dachfläche	80,6	1,32	0,210
Oberste Geschossdecke	174,8	0,81	0,175
Eingangstür	5,6	3,50	2,030
Außenwände DG	35,7	1,96	0,245/0,315

Abbildung 3-25: Aufteilung der Wärmeverluste Villa Roller



Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung:

Gas-Brennwertkessel: Viessmann Vitogas 100, Bj. 2005.  
 Radiatorheizkörper.

Stromverbraucher:

Beleuchtung  
 Heizungsumwälzpumpen  
 Bürotechnik

Schwachstellen:

- Historische Bausubstanz mit teilweise Einscheibenverglasung.
- Undichtigkeiten an Dach, Fenster und andere Gebäudeöffnungen.
- Ungedämmt Heizungsleitungen im Heizungsraum.
- Heizkörper teilweise verkleidet. Geringere Wärmeabgabe der Heizkörper und höhere Rücklauftemperaturen. Dadurch geringere Brennwertnutzung des Kessels.





Schwachstellen:

- Historische Bausubstanz.

Sanierungsmaßnahmen:

Tabelle 3-133: Sanierungsmaßnahmen Villa Roller

<b>Wärmeschutz</b>	Beschreibung	U-Wert
Außenwände dämmen	WDVS 14 cm; WLG 040	0,24
Fenster erneuern	Wärmeschutzverglasung; thermisch getrennte Rahmen	1,30
Dach dämmen	zus. Dämmung 20 cm; WLG 035	0,16
<b>Heizung</b>		
	Leitungen dämmen	
	Verkleidungen an den Heizkörpern entfernen	





Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien:

Tabelle 3-136: Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien Villa Roller

<b>Heizung</b>	
Holzbrennstoffe	Holzpelletanlage Wärmeerzeugung ca. 100.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 23 t/a
Pflanzenöl-Heizkessel	Pflanzenöl-Heizkessel Wärmeerzeugung ca. 100.000 kWh/a CO <sub>2</sub> -Minderung ca. 9 t/a
<b>Strom</b>	
Fotovoltaik	Auf Grund der Dachgeometrie problematisch, als pädagogische Maßnahme allerdings sinnvoll.

Empfehlungen:

- Wärmeverbrauch kontrollieren und analysieren
- Stromverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Wasserverbrauch kontrollieren und analysieren.
- Gebäude genauer untersuchen.
- Sanierungsplan für das Gebäude erstellen.
- Ungedämmte Leitungen in unbeheizten Räumen dämmen.
- Möglichkeit untersuchen, die Wärmeabgabe zu ändern. Z. B. Heizkörperverkleidungen abnehmen.
- Möglichkeit untersuchen, die Beleuchtung zu sanieren.

### 3.1.21 Rangfolge der Energiesparmaßnahmen

Die nachfolgenden Tabellen zeigen zusammenfassend die, nach den resultierenden Einsparungen bzw. Mehrkosten sortierte Rangfolge der Maßnahmen. Die Tabellen sind unterteilt in die Rubriken Wärmeschutz, Heizung und Strom.

#### Rangfolge Wärmeschutz

Die Maßnahmen im Wärmeschutz sind zum größten Teil nicht wirtschaftlich. Maßnahmen mit geringen Mehrkosten und geringen Kosten pro eingesparten Mengen Kohlendioxid sind vor allem Dämmungen von Kellerdecken und obersten Geschossdecken. Auch die Dämmung von überhängenden Decken gegen Außenluft erzeugen nur geringe Kosten. Die Dämmung von Dächern und Außenwände sowie die Erneuerung von Fenstern und Verglasungen verursachen dagegen höhere Mehrkosten.

Tabelle 3-137: Rangfolge der Wärmeschutzmaßnahmen

Rang	Objekt	Maßnahme	Einsparungen bzw. Mehrkosten [€/a]	Investitionskosten [€]
1	Stadtgärtnerei	Energieschirm installieren	1140	15.000
2	Feuerwehr Waiblingen	Tore Nord zumauern	527	15.200
3	Hallenbad Waiblingen	Außenwände Beton dämmen*	136	118.941
4	Feuerwehr Waiblingen	Kellerdecke dämmen	53	7.700
5	Feuerwehr Waiblingen	Oberste Geschossfläche dämmen	10	10.700
6	Stadtgärtnerei	Kellerdecke dämmen	-49	8.200
7	Hartwaldhalle Hegnach	Kellerdecke dämmen	-64	13.400
8	Rathaus Neustadt	Kellerdecke dämmen	-114	29.000
9	Hallenbad Waiblingen	Außenwände mit Verkleidung dämmen*	-132	63.920
10	Rathaus Neustadt	überhängende Decken dämmen	-151	16.900
11	Feuerwehr Waiblingen	Fenster erneuern	-241	18.700
12	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	Decke nach unten gegen Außenluft dämmen	-330	10.000
13	Volkshochschule	Kellerdecke dämmen	-334	11.000
14	Museum Waiblingen	Außenwände Anbau dämmen	-406	10.600
15	Stadtgärtnerei	Fenster erneuern	-441	28.000
16	Stadtgärtnerei	Außenwände dämmen	-450	14.200
17	Villa Roller	Kellerdecke dämmen	-565	19.400
18	Staufer-Schulzentrum - Realschule	Schrägverglasung erneuern	-589	17.000
19	Staufer-Schulzentrum - Realschul-Turnhalle	Kellerdecke dämmen	-591	18.700
20	Museum Waiblingen	Fenster erneuern	-626	19.100



Rang	Objekt	Maßnahme	Einsparungen bzw. Mehrkosten [€/a]	Investitionskosten [€]
21	Volkshochschule	Oberste Geschossdecke dämmen	-659	26.000
22	Friedenschule Neustadt - Sporthalle	überhängende Decken dämmen	-681	16.900
23	Bürgerzentrum Waiblingen	Decke nach unten gegen AL dämmen	-736	24.300
24	Friedenschule Neustadt - Sporthalle	Kellerdecke dämmen	-752	29.000
25	Villa Roller	Dach dämmen	-882	36.400
26	Stadtgärtnerei	Dach dämmen	-917	27.200
27	Staufer-Schulzentrum - Realschule	Kellerdecke dämmen	-1418	24.300
28	Salier-Schulzentrum - Gymnasium	überhängende Decken dämmen	-1585	45.000
29	Hallenbad Waiblingen	Fenster erneuern*	-1688	61.500
30	Volkshochschule	Dach dämmen	-1797	38.219
31	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	Lichtbänder erneuern	-1799	56.000
32	Bürgerzentrum Waiblingen	Fenster erneuern	-1847	42.000
33	Villa Roller	Fenster erneuern	-1857	73.000
34	Museum Waiblingen	Dach dämmen	-1965	54.500
35	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	Fenster erneuern	-2021	69.300
36	Hartwaldhalle Hegnach	Fenster erneuern	-2023	50.000
37	Bürgerzentrum Waiblingen	Decke zu unbeh. Räumen dämmen	-2293	59.300
38	Friedenschule Neustadt - Grund- und Hauptschule	Dach dämmen	-2336	73.800
39	Hartwaldhalle Hegnach	Außenwände dämmen	-2698	70.400
40	Hartwaldhalle Hegnach	Dach dämmen	-2779	103.000
41	Salier-Schulzentrum - Gymnasium	Außenwände dämmen	-3159	136.700
42	Feuerwehr Waiblingen	Außenwände dämmen	-3177	152.900
43	Staufer-Schulzentrum - Realschule	überhängende Decken dämmen	-3281	80.400
44	Turnhalle Hegnach	Fenster erneuern	-3297	97.000
45	Hallenbad Waiblingen	Hallendach dämmen*	-3347	73.000
46	Friedenschule Neustadt - Grund- und Hauptschule	Oberste Geschossdecke dämmen	-3844	192.722
47	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	Außenwände dämmen	-3917	73.800

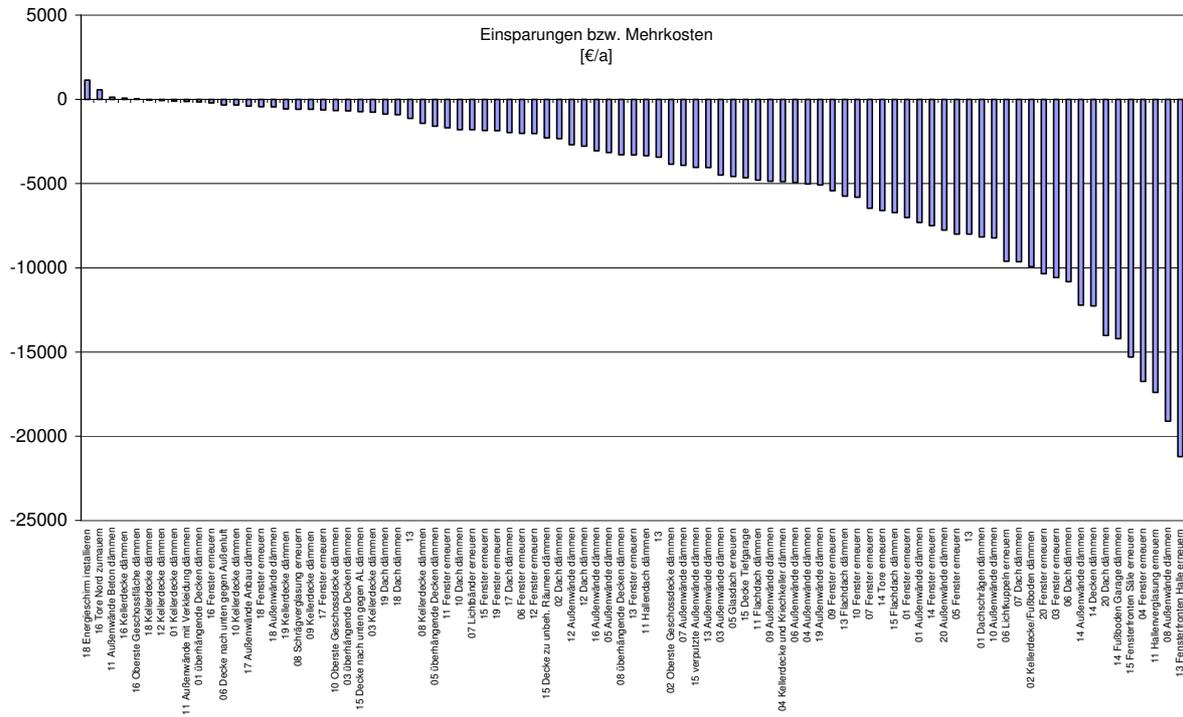
Rang	Objekt	Maßnahme	Einsparungen bzw. Mehrkosten [€/a]	Investitionskosten [€]
48	Bürgerzentrum Waiblingen	verputzte Außenwände dämmen	-4039	151.700
49	Turnhalle Hegnach	Außenwände dämmen	-4050	105.000
50	Friedenschule Neustadt - Sporthalle	Außenwände dämmen	-4496	107.300
51	Salier-Schulzentrum - Gymnasium	Glasdach erneuern	-4579	107.300
52	Bürgerzentrum Waiblingen	Decke Tiefgarage	-4647	217.500
53	Hallenbad Waiblingen	Flachdach dämmen*	-4800	140.500
54	Staufer-Schulzentrum - Realschul-Turnhalle	Außenwände dämmen	-4871	149.600
55	Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule	Kellerdecke und Kriechkeller dämmen	-4880	276.628
56	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	Außenwände dämmen	-4933	144.500
57	Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule	Außenwände dämmen	-5025	205.600
58	Villa Roller	Außenwände dämmen	-5079	133.300
59	Staufer-Schulzentrum - Realschul-Turnhalle	Fenster erneuern	-5423	135.700
60	Turnhalle Hegnach	Flachdach dämmen	-5740	177.500
61	Volkshochschule	Fenster erneuern	-5821	134.800
62	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	Fenster erneuern	-6466	149.600
63	Betriebshof Waiblingen	Tore erneuern	-6601	148.000
64	Bürgerzentrum Waiblingen	Flachdach dämmen	-6713	222.000
65	Rathaus Neustadt	Fenster erneuern	-7024	167.900
66	Rathaus Neustadt	Außenwände dämmen	-7314	172.000
67	Betriebshof Waiblingen	Fenster erneuern	-7505	246.000
68	Friedenschule Neustadt - Realschule	Außenwände dämmen	-7758	217.500
69	Salier-Schulzentrum - Gymnasium	Fenster erneuern	-8002	215.800
70	Rathaus Neustadt	Dachschrägen dämmen	-8158	298.000
71	Volkshochschule	Außenwände dämmen	-8230	559.800
72	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	Lichtkuppeln erneuern	-9611	172.000
73	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	Dach dämmen	-9643	215.600
74	Friedenschule Neustadt - Grund- und Hauptschule	Kellerdecke/Fußboden dämmen	-9931	290.000



Rang	Objekt	Maßnahme	Einsparungen bzw. Mehrkosten [€/a]	Investitionskosten [€]
75	Friedenschule Neustadt - Realschule	Fenster erneuern	-10349	231.000
76	Friedenschule Neustadt - Sporthalle	Fenster erneuern	-10573	228.000
77	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	Dach dämmen	-10827	243.600
78	Betriebshof Waiblingen	Außenwände dämmen	-12218	318.200
79	Betriebshof Waiblingen	Decken dämmen	-12264	246.000
80	Friedenschule Neustadt - Realschule	Dach dämmen	-14015	277.000
81	Betriebshof Waiblingen	Fußboden Garage dämmen	-14209	400.500
82	Bürgerzentrum Waiblingen	Fensterfronten Säle erneuern	-15295	320.280
83	Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule	Fenster erneuern	-16752	415.700
84	Hallenbad Waiblingen	Hallenverglasung erneuern	-17400	403.100
85	Staufer-Schulzentrum - Realschule	Außenwände dämmen	-19112	460.900
86	Turnhalle Hegnach	Fensterfronten Halle erneuern	-21214	476.200
87	Staufer-Schulzentrum - Realschule	Fenster erneuern	-21751	525.321
88	Friedenschule Neustadt - Grund- und Hauptschule	Außenwände dämmen	-25404	570.000
89	Friedenschule Neustadt - Grund- und Hauptschule	Fenster erneuern	-26948	460.900

\* bereits realisiert

Abbildung 3-26: Rangfolge der Wärmeschutzmaßnahmen



### Rangfolge Heizung

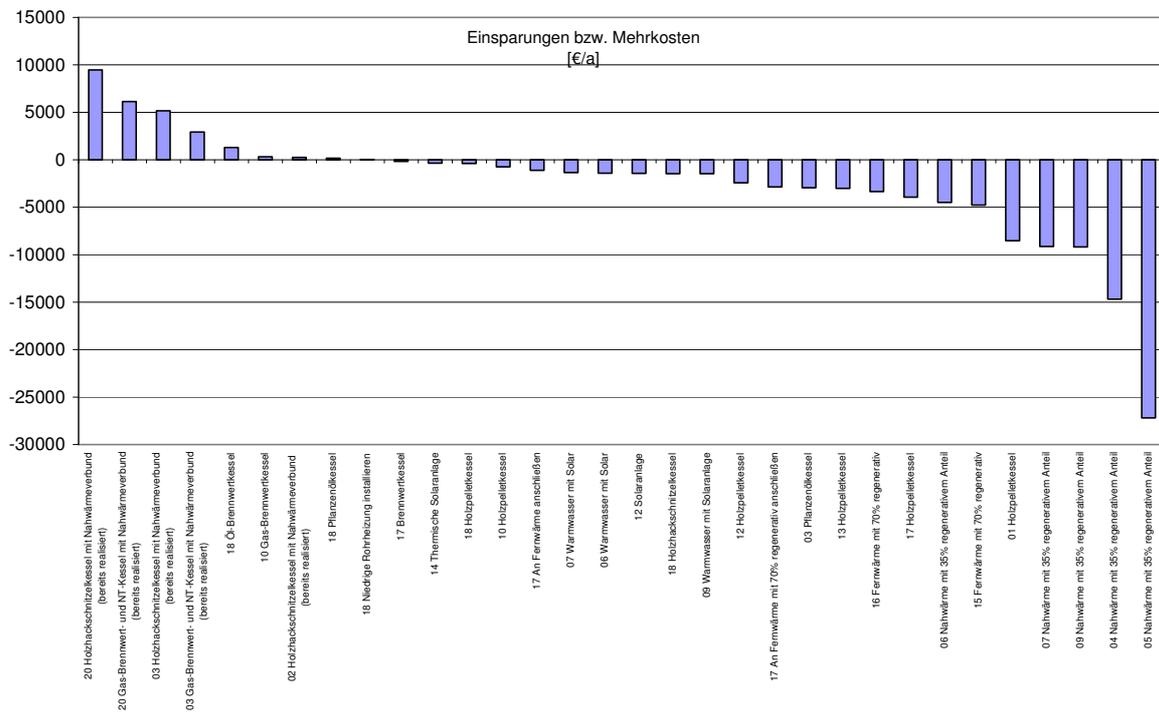
Die Erneuerung von Heizungsanlagen ist in vielen Gebäuden wirtschaftlich und erzeugt keine Mehrkosten. Dabei ist der Wechsel des Energieträgers möglich. Eine generelle Aussage kann jedoch nicht abgeleitet werden.

Tabelle 3-138: : Rangfolge der Maßnahmen zur Heizungssanierung

Rang	Objekt	Maßnahme	Einsparungen bzw. Mehrkosten [€/a]	Investitionskosten [€]
1	Friedenschule Neustadt - Realschule	Holzhackschnitzelkessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	9451	120.000
2	Friedenschule Neustadt - Realschule	Gas-Brennwert- und NT-Kessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	6130	80.000
3	Friedenschule Neustadt - Sporthalle	Holzhackschnitzelkessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	5151	120.000
4	Friedenschule Neustadt - Sporthalle	Gas-Brennwert- und NT-Kessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	2938	90.000
5	Stadtgärtnerei	Öl-Brennwertkessel	1275	12.000
6	Volkshochschule	Gas-Brennwertkessel	307	15.000
7	Friedenschule Neustadt - Grund- und Hauptschule	Holzhackschnitzelkessel mit Nahwärmeverbund (bereits realisiert)	245	110.000
8	Stadtgärtnerei	Pflanzenölkessel	168	14.000
9	Stadtgärtnerei	Niedrige Rohrheizung installieren	29	8.000
10	Museum Waiblingen	Brennwertkessel	-160	25.000
11	Betriebshof Waiblingen	Thermische Solaranlage	-359	12.000
12	Stadtgärtnerei	Holzpelletkessel	-406	17.000
13	Volkshochschule	Holzpelletkessel	-745	35.000
14	Museum Waiblingen	An Fernwärme anschließen	-1113	25.000
15	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	Warmwasser mit Solar	-1341	30.000
16	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	Warmwasser mit Solar	-1422	30.000
17	Hartwaldhalle Hegnach	Solaranlage	-1440	25.000
18	Stadtgärtnerei	Holzhackschnitzelkessel	-1472	20.000
19	Staufer-Schulzentrum - Realschul-Turnhalle	Warmwasser mit Solaranlage	-1476	30.000
20	Hartwaldhalle Hegnach	Holzpelletkessel	-2415	80.000
21	Museum Waiblingen	An Fernwärme mit 70% regenerativ anschließen	-2874	75.000
22	Friedenschule Neustadt - Sporthalle	Pflanzenölkessel	-2958	
23	Turnhalle Hegnach	Holzpelletkessel	-3014	35.000

24	Feuerwehr Waiblingen	Fernwärme mit 70% regenerativ	-3353	100.000
25	Museum Waiblingen	Holzpelletkessel	-3945	70.000
26	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	-4496	40.000
27	Bürgerzentrum Waiblingen	Fernwärme mit 70% regenerativ	-4779	300.000
28	Rathaus Neustadt	Holzpelletkessel	-8533	80.000
29	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	-9142	90.000
30	Staufer-Schulzentrum - Realschul-Turnhalle	Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	-9176	50.000
31	Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule	Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	-14675	150.000
32	Salier-Schulzentrum - Gymnasium	Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	-27188	200.000
33	Staufer-Schulzentrum - Realschule	Nahwärme mit 35% regenerativem Anteil	-28722	200.000

Abbildung 3-27: Rangfolge der Maßnahmen zur Heizungssanierung



### Rangfolge Strom

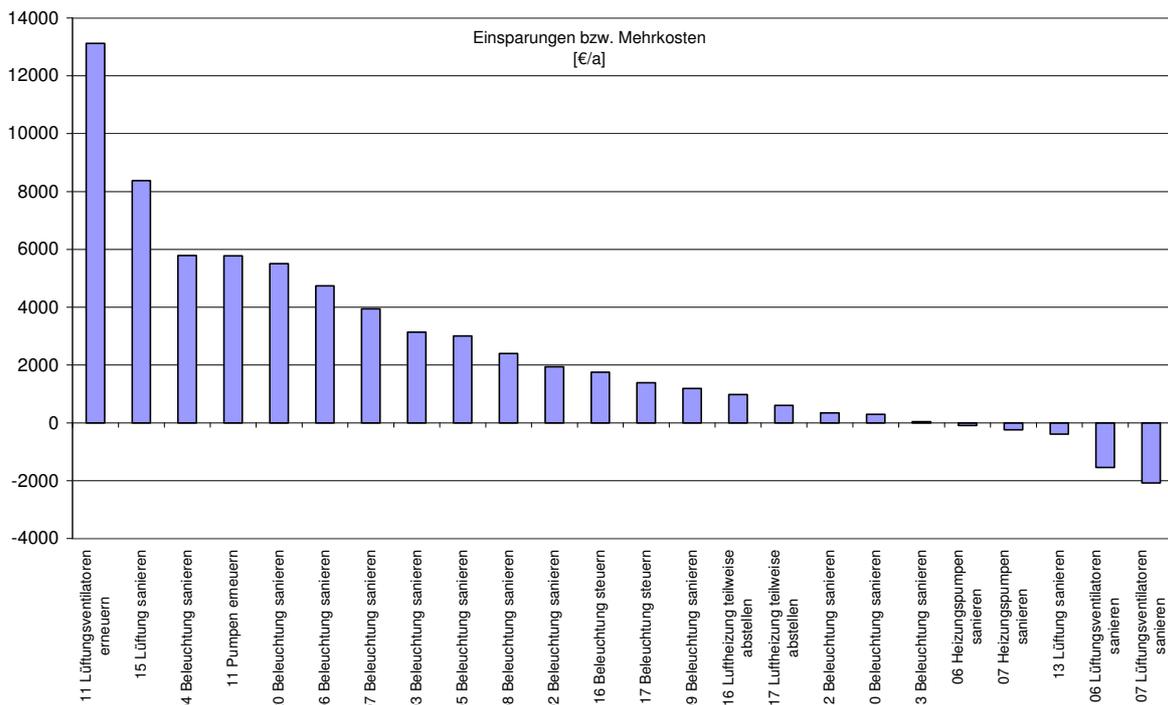
Maßnahmen im Strombereich sind häufig wirtschaftlich. Vor allen die Sanierung alter Beleuchtungsanlagen in Hallen und Schulen sowie die Erneuerung von Ventilatoren großer Lüftungsanlagen kommen ohne Mehrkosten aus.

Tabelle 3-139: : Rangfolge der Stromsparmaßnahmen

Ran g	Objekt	Maßnahme	Einsparun- gen bzw. Mehrkosten [€/a]	Investitionskosten [€]
1	Hallenbad Waiblingen	Lüftungsventilatoren erneuern	13125	100.000
2	Bürgerzentrum Waiblingen	Lüftung sanieren	8379	180.000
3	Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule	Beleuchtung sanieren	5783	37.500
4	Hallenbad Waiblingen	Pumpen erneuern	5777	60.000
5	Friedenschule Neustadt - Realschule	Beleuchtung sanieren	5507	100.000
6	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	Beleuchtung sanieren	4744	87.900
7	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	Beleuchtung sanieren	3943	70.000
8	Friedenschule Neustadt - Sporthalle	Beleuchtung sanieren	3135	26.000
9	Salier-Schulzentrum - Gymnasium	Beleuchtung sanieren	3002	50.000
10	Staufer-Schulzentrum - Realschule	Beleuchtung sanieren	2398	55.000
11	Friedenschule Neustadt - Grund- und Hauptschule	Beleuchtung sanieren	1937	35.000
12	Feuerwehr Waiblingen	Beleuchtung steuern	1752	2.000
13	Museum Waiblingen	Beleuchtung steuern	1385	2.000
14	Staufer-Schulzentrum - Realschul-Turnhalle	Beleuchtung sanieren	1189	30.000
15	Feuerwehr Waiblingen	Luftheizung teilweise abstel- len	982	3.000
16	Museum Waiblingen	Luftheizung teilweise abstel- len	605	3.000
17	Hartwaldhalle Hegnach	Beleuchtung sanieren	346	13.000
18	Volkshochschule	Beleuchtung sanieren	295	50.000
19	Turnhalle Hegnach	Beleuchtung sanieren	35	25.000
20	Salier-Schulzentrum - Sporthalle	Heizungspumpen sanieren	-91	5.000
21	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	Heizungspumpen sanieren	-239	5.000
22	Turnhalle Hegnach	Lüftung sanieren	-387	15.000
23	Salier-Schulzentrum -	Lüftungsventilatoren sanieren	-1545	30.000

Rang	Objekt	Maßnahme	Einsparungen bzw. Mehrkosten [€/a]	Investitionskosten [€]
	Sporthalle			
24	Salier-Schulzentrum - Turnhalle	Lüftungsventilatoren sanieren	-2079	30.000

Abbildung 3-28: Rangfolge der Stromsparmaßnahmen



### 3.2 Sammelauswertung

#### 3.2.1 Energieverbrauch der untersuchten Gebäude

Die nachfolgenden Tabellen zeigen den Energieverbrauch (Gesamt-Wärme, Endenergie und Primärenergie) sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Energiekosten für Wärme und Strom der in der Grobdiagnose untersuchten 20 Gebäuden im Jahr 2005.

Tabelle 3-140: Wärmeverbrauch der untersuchten Gebäude

<b>Wärme</b>	Gesamt-Heizwärme	Endenergie	Primärenergie	CO <sub>2</sub> -Emission	Energiekosten
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[t/a]	[€/a]
Rathaus Neustadt	376.200	376.227	413.850	95,6	15.425
Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule	382.200	424.676	467.144	107,9	17.709
Friedensschule Neustadt - Sporthalle	275.600	275.594	303.153	176,7	17.170
Friedensschule Neustadt - Realschule	417.600	417.600	459.360	267,7	25.265
Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule	380.200	380.190	418.209	123,6	27.336
Salier-Schulzentrum - Gymnasium	642.700	642.700	706.970	208,9	41.711
Salier-Schulzentrum - Sporthalle	62.000	61.950	68.145	20,1	4.021
Salier-Schulzentrum - Turnhalle	129.600	129.550	142.505	42,0	8.408
Staufer-Schulzentrum - Realschule	463.000	463.000	509.300	148,6	20.835
Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle	150.800	150.800	165.880	48,4	6.183
Volkshochschule	196.700	218.528	240.381	55,5	9.113
Hallenbad Waiblingen	2.746.200	2.746.246	3.020.871	881,5	171.091
Hartwaldhalle Hegnach	193.600	193.562	212.918	49,2	10.046
Turnhalle Hegnach	84.100	84.148	92.563	27,3	3.787
Bauhof Waiblingen	468.100	468.117	514.929	118,9	21.065
Bürgerzentrum Waiblingen	596.900	596.940	656.634	191,6	34.264
Feuerwehr Waiblingen	193.000	192.990	212.289	61,9	10.055
Museum Waiblingen	95.900	119.875	131.863	30,4	5.418
Stadtgärtnerei	132.600	165.743	182.317	54,5	6.961
Villa Roller	105.400	105.350	115.885	26,8	4.741
<b>Summe</b>	<b>8.092.400</b>	<b>8.213.786</b>	<b>9.035.165</b>	<b>2.737</b>	<b>460.603</b>

Im Vergleich zum Endenergieverbrauch für Wärme aller städtischen Gebäude von rund 21.339.000 kWh (Verbrauch für 2006) verbrauchen die 20 untersuchten Gebäude einen Anteil von 38%.

Tabelle 3-141: Stromverbrauch der untersuchten Gebäude

<b>Strom</b>	Endenergie	Primärenergie	CO <sub>2</sub> -Emission	Energiekosten
	[kWh/a]	[kWh/a]	[t/a]	[€/a]
Rathaus Neustadt	30.358	81.967	19,5	5.039
Friedensschule Neustadt – Grund- und Hauptschule	35.537	95.950	22,8	5.899
Friedensschule Neustadt - Sporthalle	51.618	139.369	33,1	8.569
Friedensschule Neustadt - Realschule	130.000	351.000	83,3	21.580
Salier-Schulzentrum - Grund- und Hauptschule	133.200	359.640	86,6	22.111
Salier-Schulzentrum - Gymnasium	79.965	215.906	52,0	13.274
Salier-Schulzentrum - Sporthalle	74.575	201.353	48,5	12.379
Salier-Schulzentrum - Turnhalle	53.000	143.100	34,5	8.798
Staufer-Schulzentrum - Realschule	56.050	151.335	35,9	9.304
Staufer-Schulzentrum - Realschule Turnhalle	31.700	85.590	20,3	5.262
Volkshochschule	45.444	122.699	29,1	7.544
Hallenbad Waiblingen	659.610	1.780.947	422,8	109.495
Hartwaldhalle Hegnach	30.061	81.165	19,3	4.990
Turnhalle Hegnach	22.784	61.517	14,6	3.782
Bauhof Waiblingen	62.245	168.062	39,9	10.333
Bürgerzentrum Waiblingen	351.114	948.008	225,1	56.880
Feuerwehr Waiblingen	35.184	94.997	22,6	5.267
Museum Waiblingen	33.508	90.472	21,5	5.090
Stadtgärtnerei	7.631	20.604	4,9	1.133
Villa Roller	13.300	35.910	8,5	2.208
<b>Summe</b>	<b>1.936.884</b>	<b>5.229.587</b>	<b>1.245</b>	<b>318.939</b>

Im Vergleich zum Endenergieverbrauch für Strom aller städtischen Gebäude von rund 4.288.000 kWh (Verbrauch für 2006) verbrauchen die 20 untersuchten Gebäude einen Anteil von 45%.

Die Angabe zum Gesamtwärme- und Stromverbrauch sind zu hinterfragen, da sich im Laufe der Untersuchung Unsicherheiten bei der Vollständigkeit der Daten gezeigt haben.

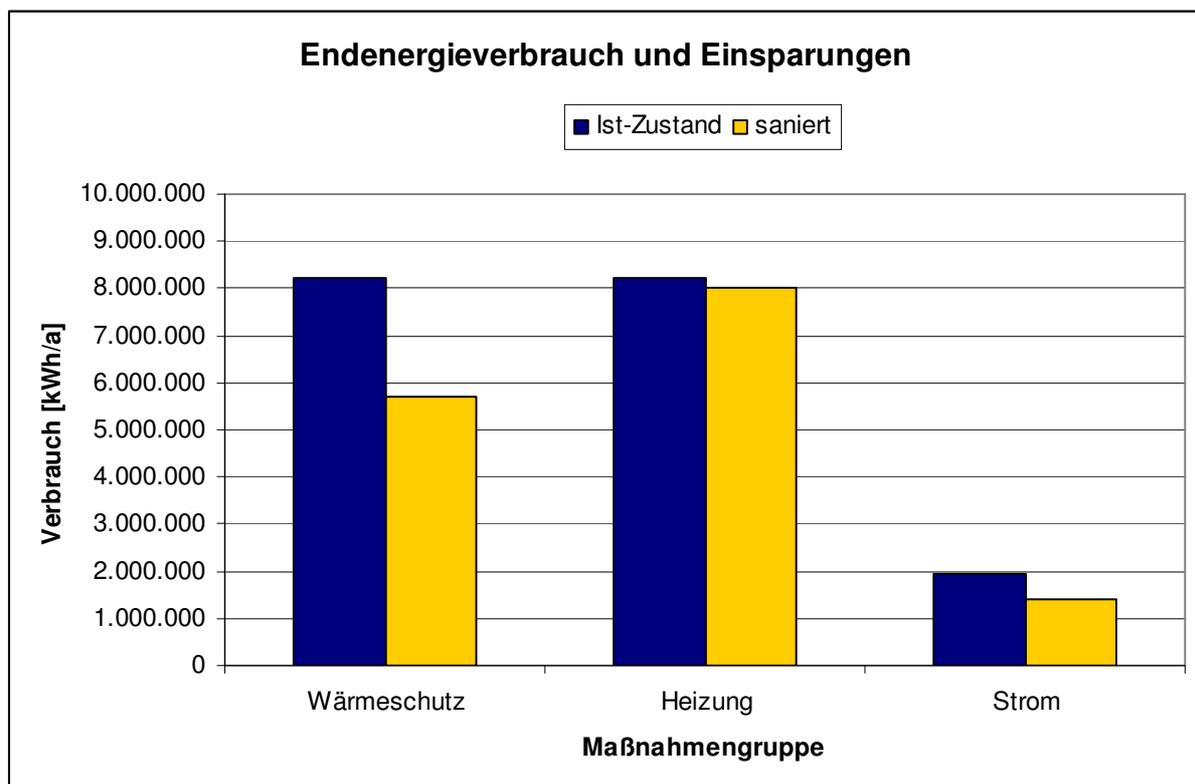
### 3.2.2 Auswirkung der Sanierungsmaßnahmen bei den untersuchten Gebäude

Werden die zuvor dargestellten Sanierungsmaßnahmen bei den Gebäuden vorgenommen sinken der Primärenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die nachfolgende Tabelle soll aufzeigen, in welchen Ausmaß sich die Sanierungsmaßnahmen für im Primärenergieverbrauch und in den Emissionen auswirken.

Tabelle 3-142: Auswirkung der Maßnahmen auf den Endenergieverbrauch

Maßnahmen	Endenergieverbrauch		Endenergieeinsparung	
	Ist-Zustand [kWh/a]	saniert [kWh/a]	[kWh/a]	[%]
Wärmeschutz	8.213.786	5.682.886	2.530.900	30,8
Heizung	8.213.786	8.025.876	187.910	2,3
Strom	1.936.884	1.402.540	534.344	27,6

Abbildung 3-29: Endenergieverbrauch und Einsparungen

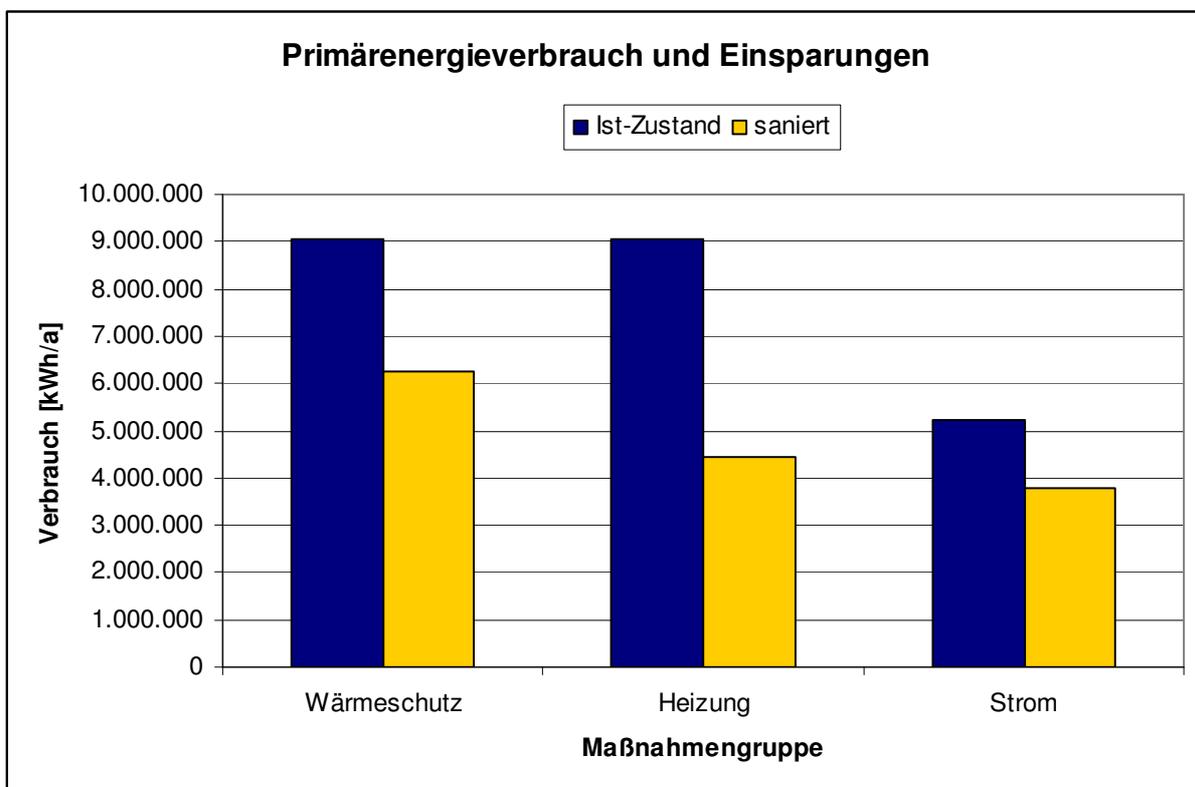


Die Einsparungen bei der Heizungssanierung ist aufgrund des Einsatzes von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien gering. Diese Anlagen haben teilweise geringere Jahresnutzungsgrade, so dass der Endenergieverbrauch höher ausfällt.

Tabelle 3-143: Auswirkung der Maßnahmen auf den Primärenergieverbrauch

Maßnahmen	Primärenergieverbrauch		Primärenergieeinsparung	
	Ist-Zustand [kWh/a]	saniert [kWh/a]	[kWh/a]	[%]
Wärmeschutz	9.035.165	6.251.175	2.783.990	30,8
Heizung	9.035.165	4.427.231	4.607.934	51,0
Strom	5.229.587	3.786.858	1.442.729	27,6

Abbildung 3-30: Primärenergieverbrauch und Einsparungen

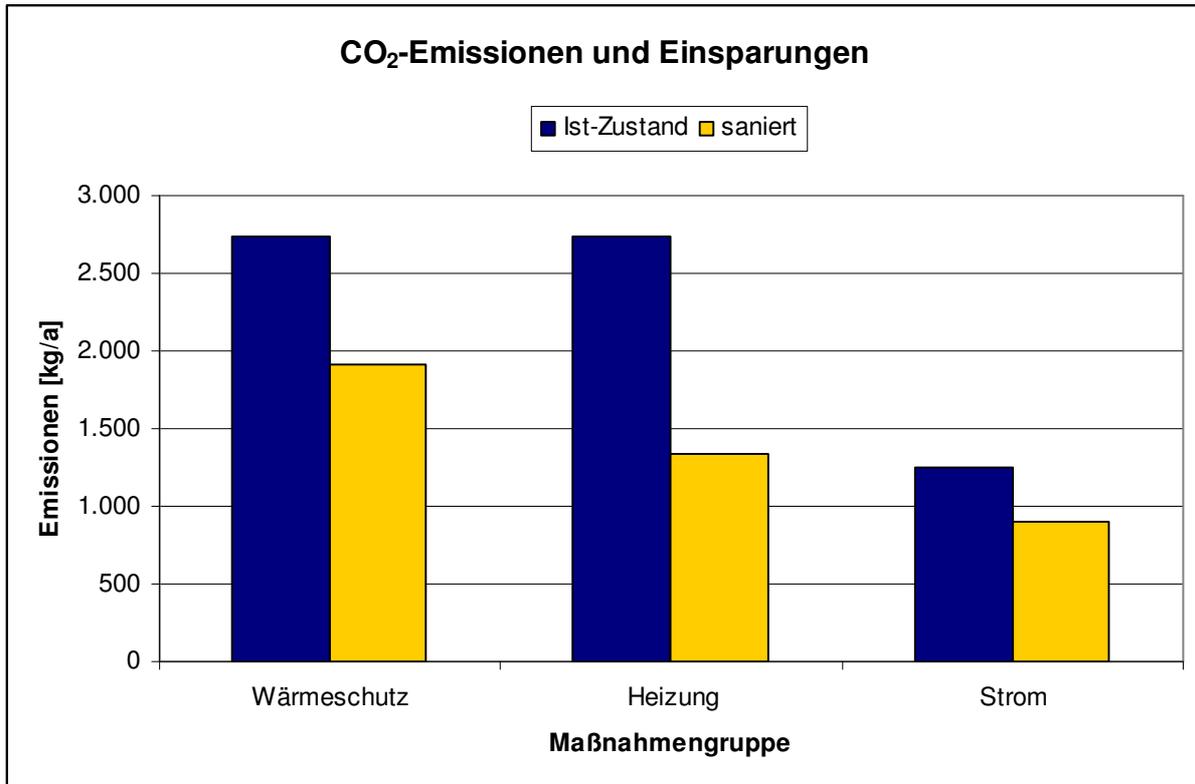


Bei Betrachtung des Primärenergieverbrauches zeigt sich, dass durch die Heizungs-sanierungsmaßnahmen das größte Einsparpotenzial erschließt. Durch den hohen Anteil an Erneuerbaren Energien sinkt der Primärenergieverbrauch um über die Hälfte.

Tabelle 3-144: Auswirkung der Maßnahmen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen

Maßnahmen	CO <sub>2</sub> -Emission		CO <sub>2</sub> -Einsparung	
	Ist-Zustand [t/a]	saniert [t/a]	[t/a]	[%]
Wärmeschutz	<b>2.737</b>	<b>1.910</b>	<b>827</b>	<b>30,2</b>
Heizung	2.737	1.340	<b>1.397</b>	51,0
Strom	1.245	901	344	27,6

Abbildung 3-31: CO<sub>2</sub>-Emissionen und Einsparungen



Analog zum Primärenergieverbrauch entwickeln sich die Emissionen nach den Sanierungsmaßnahmen.

### 3.3 Gesamtbetrachtung

In der Gesamtbetrachtung werden neben den zuvor untersuchten Gebäuden auch 22 Gebäude, die im Energiecontrolling der Stadt Waiblingen geführt werden, untersucht.

Folgende Betrachtungen erlaubt die Gesamtbetrachtung:

- Verbrauchs- und Kostenstruktur aller Objekte
- Bewertung der Objekte nach Energiekennwerten
- Ermittlung der Großverbraucher
- Ermittlung von Objekten mit auffälligen Kennwerte
- Ermittlung der Objektgruppe mit dem höchsten Verbrauch und den höchsten Kosten
- Ermittlung der Objektgruppe mit den höchsten Energiepreise
- Ermittlung auffälliger Objekte innerhalb der Objektgruppen
- Potenzialabschätzung für Wärmeschutzmaßnahmen und energieeffizienzsteigernde Maßnahmen in der Anlagentechnik

In den folgenden Abschnitten sind die Verbrauchs- und Kostenstrukturen für Heizenergie, Strom und Wasser aufgelistet. Der Energie- und Wasserkennwert mit den Mittel- und Zielwerten erlaubt die Einstufung der energetischen Qualität der jeweiligen Gebäude. Zur leichteren Erkennung sind die Werte farblich unterschieden. Kennwerte unterhalb des Zielwertes sind grün markiert. Gelbe Zahlen weisen auf Kennwerte zwischen Mittel- und Zielwerten hin. Werte oberhalb der Mittelwerte sind rot dargestellt.

#### 3.3.1 Verbrauchs- und Kostenstruktur Heizenergie

Größter Einzelverbraucher mit 2.746 MWh/a ist das Hallenbad Waiblingen. Bei diesem Objekt fallen auch die höchsten Kosten an.

Tabelle 3-145: Einzelauswertung Heizenergie

Einzelauswertung Heizenergie	Verbrauch [kWh]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/kWh]
			Istwert bereinigt	Mittelwert	Zielwert	
Hallenbad Waiblingen	2.746.246	171.046	4103	3460	1480	6,23
Schillerschule Bittenfeld	750.574	33.776	279,4	170	99	4,50
Wolfgang-Zacher-Schule	713.587	32.111	224,0	163	94	4,50
Rundsporthalle	643.990	28.980	272,6	178	90	4,50
Salier-Gymnasium	642.700	41.693	105	143	83	6,49
Staufer-Gymnasium	627.300	28.229	178,8	143	83	4,50



Einzelauswertung Heizenergie	Verbrauch [kWh]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/kWh]
			Istwert bereinigt	Mittelwert	Zielwert	
Bürgerzentrum Waiblingen	596.940	34.278	104	215	104	5,74
Salier-Realschule	476.200	21.429	90,6	148	84	4,50
Bauhof Waiblingen	468.117	21.065	168	246	104	4,50
Staufer-Realschule	463.000	20.835	101	148	84	4,50
Mehrzweckhalle Beinstein	456.099	20.524	439,6	174	80	4,50
Friedenschule Neustadt (GuHS)	424.676	17.710	152	150	95	4,17
Friedenschule Neustadt (RS)	417.600	25.247	115	148	84	6,05
Salier GuHS	380.190	27.345	91	220	104	7,19
Rathaus Neustadt	376.227	15.443	278	147	73	4,10
Lindenschule Hohenacker	361.828	16.282	209,0	170	99	4,50
Rinnenäckerschule	327.487	14.737	139,4	170	99	4,50
Friedenschule Neustadt (SpH)	275.594	17.165	188	178	90	6,23
Karolinger-Grundschule	269.040	12.107	140,7	170	99	4,50
Friedhof Waiblingen	245.902	11.066	362,2	136	27	4,50
Kinderhaus Im Sämann	227.829	10.252	197,0	173	96	4,50
Volkshochschule	218.528	9.108	134	166	87	4,17
Burgschule Hegnach	214.473	9.651	119,6	170	99	4,50
Staufer-Karolinger-Hauptschule	202.730	9.123	88,4	163	94	4,50
Hartwaldhalle Hegnach	193.562	10.045	248	174	80	5,19
Feuerwehr Waiblingen	192.990	10.058	190	188	65	5,21
Bürgerhaus Hohenacker	183.593	8.262	169,2	174	80	4,50
Rathaus Hegnach	175.155	7.882	234,7	147	73	4,50
Stadtgärtnerei	165.743	6.961	253	246	104	4,20
Staufer Realschule. Turnhalle	150.800	6.786	153	178	90	4,50
Grundschule Beinstein	137.193	6.174	141,6	170	99	4,50
Salier Turnhalle	129.550	8.404	85	178	90	6,49
Museum Waiblingen	119.875	5.422	149	85	43	4,52
Villa Roller	105.350	4.741	192	68	34	4,50
Rathaus Bittenfeld	97.532	4.389	172,1	147	73	4,50
Kindergarten Kirchäcker	88.945	4.003	141,8	177	93	4,50
Kindergarten Burgmäuerle	87.984	3.959	129,2	177	93	4,50
Turnhalle Hegnach	84.148	3.787	120	178	90	4,50
Salier Sporthalle	61.950	4.019	32	178	90	6,49

**3.3 Gesamtbertrachtung**

Einzelauswertung Heizenergie	Verbrauch [kWh]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/kWh]
			Istwert bereinigt	Mittelwert	Zielwert	
Rathaus Hohenacker	61.597	2.772	297,9	147	73	4,50
Rathaus Beinstein	54.874	2.469	210,3	147	73	4,50
Kindergarten Berg-Bürg	24.169	1.088	87,0	177	93	4,50

Die Schulen erzielen in der Auswertung der Gebäudegruppen die höchsten Verbräuche und Kosten.

Tabelle 3-146: Gruppenauswertung Heizenergie

Gruppenauswertung Heizenergie	Verbrauch [kWh]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/kWh]
			Istwert bereinigt	Mittelwert	Zielwert	
Schulen	6.902.700	342.722	147	164	93	4,93
Bäder	2.746.246	171.046	4103	3460	1480	6,23
Hallen	1.720.099	82.544	150	169	86	4,80
Sonstige	1.072.752	49.150	243	204	75	4,60
Kulturgebäude	1.005.758	52.703	153	136	65	4,82
Rathäuser	765.385	32.955	239	147	73	4,42
Kindergärten	428.927	19.302	139	176	94	4,50
Gesamt	14.641.867	750.421	739	637	281	4,90

### 3.3.2 Verbrauchs- und Kostenstruktur Strom

Größter Einzelverbraucher mit 660 MWh/a ist das Hallenbad Waiblingen. Bei diesem Objekt fallen auch die höchsten Kosten an.

Tabelle 3-147: Einzelauswertung Strom

Einzelauswertung Strom	Verbrauch [kWh]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/kWh]
			Istwert	Mittelwert	Zielwert	
Hallenbad Waiblingen	659.610	109.495	801	808	474	16,60
Bürgerzentrum Waiblingen	351.114	56.863	50	22	15	16,20
Schillerschule Bittenfeld	215.445	35.764	61,5	11	6	16,60
Rundsporthalle	138.565	23.002	47,0	23	8	16,60
Salier GuHS	133.200	22.111	26	12	10	16,60
Friedenschule Neustadt (RS)	130.000	21.705	29	14	7	16,70
Salier-Realschule	129.245	21.455	18,3	14	7	16,60
Staufer-Karolinger-Hauptschule	93.870	15.582	29,3	14	8	16,60
Salier-Gymnasium	79.965	13.274	11	16	8	16,60
Salier Sporthalle	74.575	12.379	31	23	8	16,60
Wolfgang-Zacher-Schule	63.390	10.523	16,2	14	8	16,60
Bauhof Waiblingen	62.245	10.222	18	20	15	16,42
Staufer-Realschule	56.050	9.304	10	14	7	16,60
Salier Turnhalle	53.645	8.905	29	23	8	16,60
Friedenschule Neustadt (SpH)	51.618	8.569	29	23	8	16,60
Lindenschule Hohenacker	46.545	7.726	20,9	11	6	16,60
Volkshochschule	45.444	2.532	23	23	7	5,57
Burgschule Hegnach	37.565	6.236	15,8	11	6	16,60
Karolinger-Grundschule	35.860	5.953	14,0	11	6	16,60
Bürgerhaus Hohenacker	35.843	5.950	23,7	22	9	16,60
Friedenschule Neustadt (GuHS)	35.537	5.933	10	13	10	16,70
Feuerwehr Waiblingen	35.184	5.267	28	19	5	14,97
Friedhof Waiblingen	33.764	5.605	37,5	21	3	16,60
Museum Waiblingen	33.508	5.091	34	22	6	15,19
Staufer Realschule. Turnhalle	31.700	15.136	26	23	8	47,75
Kinderhaus Im Sämann	31.180	5.176	20,3	19	8	16,60
Rathaus Neustadt	30.358	5.040	18	31	15	16,60



Einzelauswertung Strom	Verbrauch [kWh]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/kWh]
			Istwert	Mittelwert	Zielwert	
Hartwaldhalle Hegnach	30.061	4.318	31	22	9	14,36
Rinnenäckerschule	28.339	4.704	9,4	11	6	16,60
Turnhalle Hegnach	22.784	3.782	26	23	8	16,60
Grundschule Beinstein	19.323	3.208	14,0	11	6	16,60
Rathaus Bittenfeld	17.825	2.959	22,2	31	15	16,60
Rathaus Beinstein	13.793	2.290	39,7	31	15	16,60
Villa Roller	13.298	2.207	20	15	8	16,60
Rathaus Hegnach	12.078	2.005	19,2	31	15	16,60
Rathaus Hohenacker	11.272	1.871	38,5	31	15	16,60
Kindergarten Kirchäcker	8.717	1.447	10,7	15	7	16,60
Kindergarten Burgmäuerle	7.779	1.291	9,2	15	7	16,60
Stadtgärtnerei	7.631	1.133	9	20	15	14,85
Kindergarten Berg-Bürg	4.208	699	11,3	15	7	16,60
Mehrzweckhalle Beinstein		0	0,0	22	9	
Staufer-Gymnasium		0	0,0	16	8	

Wie schon bei der Heizwärme sind auch beim Strom die Schulen in der Gruppenauswertung die größten Verbraucher mit den höchsten Kosten.

Tabelle 3-148: Gruppenauswertung Strom

Gruppenauswertung Strom	Verbrauch [kWh]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/kWh]
			Istwert	Mittelwert	Zielwert	
Schulen	1.201.396	194.579	20	14	7	15,92
Bäder	659.610	109.495	801	808	474	16,60
Kulturgebäude	433.763	70.111	32	20	10	16,15
Hallen	351.330	67.522	21	21	8	19,22
Sonstige	138.824	22.226	23	20	10	15,71



Gruppenauswertung Strom	Verbrauch [kWh]	Kosten [€]	Kennwert			Preise
			Istwert	Mittelwert	Zielwert	[€/kWh]
Rathäuser	85.326	14.165	28	31	15	16,60
Kindergärten	51.884	8.613	13	16	7	16,60
Gesamt	2.922.133	486.712	134	133	76	16,69

### 3.3.3 Verbrauchs- und Kostenstruktur Wasser

Größter Einzelverbraucher mit 30.000 m<sup>3</sup>/a ist das Hallenbad Waiblingen. Bei diesem Objekt fallen auch die höchsten Kosten an.

Tabelle 3-149: Einzelauswertung Wasser

Einzelauswertung Wasser	Verbrauch [m <sup>3</sup> ]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/m <sup>3</sup> ]
			Istwert	Mittelwert	Zielwert	
Hallenbad Waiblingen	30.394	114.889	3693 1	5610	2000	3,78
Salier-Gymnasium	5.497	20.779	730	171	74	3,78
Bürgerzentrum Waiblingen	4.911	17.621	694	324	162	3,59
Salier GuHS	2.521	9.529	489	378	189	3,78
Bauhof Waiblingen	2.182	8.114	636	581	200	3,72
Rathaus Neustadt	1.862	6.793	1105	263	131	3,65
Schillerschule Bittenfeld	1.716	6.486	480,6	170	74	3,78
Friedenschule Neustadt (RS)	1.512	5.566	339	157	65	3,68
Staufer-Realschule	1.378	5.209	243	157	65	3,78
Mehrzweckhalle Beinstein	1.357	5.129	880,0	246	87	3,78
Rundsporthalle	1.255	4.744	425,6	279	88	3,78
Hartwaldhalle Hegnach	849	3.208	885	246	87	3,78
Kinderhaus Im Sämann	829	3.134	540,8	443	199	3,78
Salier-Realschule	724	2.737	102,4	157	65	3,78
Karolinger-Grundschule	623	2.355	242,6	170	74	3,78
Wolfgang-Zacher-Schule	619	2.340	158,2	200	78	3,78
Friedenschule Neustadt (SpH)	607	2.294	338	279	88	3,78
Staufer-Karolinger-Hauptschule	594	2.245	185,5	200	78	3,78
Feuerwehr Waiblingen	587	2.156	470	299	27	3,67
Salier Sporthalle	566	2.139	237	279	88	3,78
Lindenschule Hohenacker	502	1.898	225,7	170	74	3,78
Friedenschule Neustadt (GuHS)	468	1.767	136	367	183	3,78
Volkshochschule	438	1.658	219	248	99	3,78
Burgschule Hegnach	413	1.561	173,7	170	74	3,78
Stadtgärtnerei	369	1.462	459	581	200	3,96
Bürgerhaus Hohenacker	329	1.244	217,5	246	87	3,78
Friedhof Waiblingen	290	1.096	322,2	1863	203	3,78

Einzelauswertung Wasser	Verbrauch [m <sup>3</sup> ]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/m <sup>3</sup> ]
			Istwert	Mittelwert	Zielwert	
Salier Turnhalle	251	949	134	279	88	3,78
Staufer Realschule. Turnhalle	169	639	140	279	88	3,78
Kindergarten Kirchäcker	167	631	205,0	402	167	3,78
Grundschule Beinstein	154	582	111,8	170	74	3,78
Turnhalle Hegnach	145	548	168	279	88	3,78
Villa Roller	137	518	203	125	62	3,78
Kindergarten Burgmäuerte	131	495	154,8	402	167	3,78
Rathaus Hohenacker	73	276	249,6	263	131	3,78
Kindergarten Berg-Bürg	72	272	193,1	402	167	3,78
Rathaus Beinstein	72	272	207,5	263	131	3,78
Rathaus Hegnach	59	223	93,7	263	131	3,78
Rathaus Bittenfeld	50	189	62,4	263	131	3,78
Museum Waiblingen	29	126	30	246	98	4,35
Rinnenäckerschule		0	0,0	170	74	
Staufer-Gymnasium		0	0,0	171	74	

Die Bäder erzielen in der Gebäudegruppeneauswertung die größten Verbräuche und die höchsten Kosten.

Tabelle 3-150: Gruppeneauswertung Wasser

Gruppeneauswertung Wasser	Verbrauch [m <sup>3</sup> ]	Kosten [€]	Kennwert			Preise [€/m <sup>3</sup> ]
			Istwert	Mittelwert	Zielwert	
Bäder	30.394	114.889	3693 1	5610	2000	3,78
Schulen	17.766	67.006	246	206	88	3,77
Kulturgebäude	5.406	19.508	286	235	102	3,87
Hallen	4.592	17.357	319	248	85	3,78
Sonstige	3.428	12.829	472	831	158	3,78



Gruppenauswertung Wasser	Verbrauch [m <sup>3</sup> ]	Kosten [€]	Kennwert			Preise
			Istwert	Mittelwert	Zielwert	[€/m <sup>3</sup> ]
Rathäuser	2.116	7.753	344	263	131	3,75
Kindergärten	1.199	4.532	273	412	175	3,78
Gesamt	64.901	243.874	5553	1115	391	3,79

## 4 Fazit

Fast alle in der Grobdiagnose untersuchten Gebäude weisen im Heizenergiekennwert Potenziale zur Energieeinsparung auf. Vor allem die Gebäude mit hohem absolutem Verbrauch weisen auch hohe Kennwerte auf, so dass hier ein großes Einsparpotenzial vorliegt.

Der Gesamtheizenergieverbrauch der in der Sammelauswertung untersuchten Gebäude beträgt 14.642 MWh/a und deckt damit den von allen städtischen Gebäuden verursachten Energieverbrauch zu mehr als zwei Drittel ab. Größter Einzelverbraucher mit 2.746 MWh/a ist das Hallenbad Waiblingen. Bei diesem Objekt fallen auch die höchsten Kosten an. Die Schulen erzielen in der Gebäudegruppeneauswertung die höchsten Verbräuche und Kosten.

Die Maßnahmen im Wärmeschutz sind jedoch zum größten Teil nicht wirtschaftlich. Die Einzeluntersuchung zeigt, dass Maßnahmen mit geringen Mehrkosten und geringen Kosten pro eingesparten Mengen Kohlendioxid vor allem bei Dämmungen von Kellerdecken und obersten Geschossdecken zu finden sind. Auch die Dämmung von überhängenden Decken gegen Außenluft erzeugen nur geringe Kosten. Die Dämmung von Dächern und Außenwände sowie die Erneuerung von Fenstern und Verglasungen verursachen dagegen höhere Mehrkosten.

Die Erneuerung von Heizungsanlagen ist in vielen Gebäuden wirtschaftlich und erzeugt keine Mehrkosten. Dabei ist auch ein Wechsel des Energieträgers oft ohne wirtschaftliche Einschränkungen möglich. Eine generelle Aussage kann jedoch nicht abgeleitet werden.

Der Gesamtstromverbrauch der in der Sammelauswertung untersuchten Gebäude beträgt 2.922 MWh/a und deckt damit den von allen städtischen Gebäuden verursachten Energieverbrauch zu mehr als zwei Drittel ab. Der mit Abstand größte Einzelverbraucher ist das Hallenbad Waiblingen. Bei diesem Objekt fallen auch die höchsten Kosten an. Die Schulen erzielen in der Gebäudegruppeneauswertung die höchsten Verbräuche und Kosten. Auch im Strombereich weisen die Gebäude einen hohen Kennwert auf, der auf große Einsparpotenziale schließen lässt..

Maßnahmen im Strombereich sind häufig wirtschaftlich. Vor allen die Sanierung alter Beleuchtungsanlagen in Hallen und Schulen sowie die Erneuerung von Ventilatoren großer Lüftungsanlagen kommen ohne Mehrkosten aus.

Neben investiven Maßnahmen sind organisatorische Maßnahmen gut geeignet, um Einsparungen zu erzielen. Als organisatorische Maßnahmen werden ein intensiveres Energiecontrolling, Hausmeisterschulungen, Anlagenoptimierung und verstärkte Nutzerinformationen zur Energieeinsparung empfohlen. Allein mit organisatorischen Maßnahmen lässt sich der Energieverbrauch von Gebäuden nach Aussage der KEA (Klimaschutz und Energieagentur Baden-Württemberg) um durchschnittlich 15 % reduzieren.