



# Studie über die Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie und energetische Sanierungen bei Wohngebäuden

Auftraggeber:  
Umweltministerium Baden-  
Württemberg

Verfasser:  
Dr.-Ing. Volker Kienzlen

Karlsruhe, 2.10. 2007

## 1 Ziel der Studie

Mit den nachfolgenden Beispielen aus der Praxis sollen generell die Möglichkeiten des Einsatzes erneuerbarer Energien zur Wärmegewinnung sowie der energetischen Sanierung bei Wohngebäuden aufgezeigt werden, einschließlich der damit verbundenen Kosten. Die nachfolgenden Projekte bilden nicht den Umfang der Anforderungen des geplanten Gesetzes zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie für den konkreten Einzelfall ab, sondern geben Beispiele dafür, welche Art von Maßnahmen zur Umsetzung in Frage kommen. Abschließend werden die Maßnahmen preislich verglichen und in m<sup>2</sup> Preise umgerechnet.

Die KEA hat dabei auf Daten von Energieagenturen, dem Fachverband der Stuckateure, dem Fachverband Sanitär, Heizung, Klima und Einzelunternehmen zurückgegriffen.

## 2 Projekttypen

Die hier definierten Projektnummern werden im weiteren Bericht wieder verwendet.

- 1 Thermische Solaranlage bei Austausch der Heizungsanlage, d.h. reine Zusatzinvestition für die Solaranlage für EFH
- 2 wie oben für MFH > 6 WE
- 3 Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage für EFH mit Fußbodenheizung
- 4 Holzpelletsfeuerung als Ersatz für Heizungsanlage Öl/Gas in EFH
- 5 Holzpelletsfeuerung als Ersatz für Heizungsanlage Öl/Gas in MFH (> 6 WE)
- 6 Zusatzinvestition eines Neubaus EnEV -30 % EFH (keine Daten vorhanden)
- 7 Zusatzinvestition eines Neubaus EnEV -30 % MFH > 6 WE (keine Daten vorhanden)
- 8 Zusatzinvestition eines Neubaus EnEV -30 % RMH (keine Daten vorhanden)
- 9 und 10 Sanierung von EFH / MFH Baujahr vor 1977 entsprechend den Anforderungen
- 11 Sanierung von EFH / MFH Baujahr vor 1994
- 13 reine Fassadendämmung entsprechend den Anforderungen bei EFH
- 14 reine Fassadendämmung entsprechend den Anforderungen bei MFH > 6 WE
- 15 reine Dachdämmung entsprechend den Anforderungen bei EFH
- 16 reine Dachdämmung entsprechend den Anforderungen bei MFH > 6 WE

EFH: Einfamilienhaus      MFH: Mehrfamilienhaus      RMH: Reihenmittelhaus

Da zu den Projekten 13 bis 16 nur sehr wenig verwertbare Daten vorliegen, wurde noch eine Querauswertung der Gesamtsanierungen durchgeführt.

Von den folgenden Institutionen wurden Daten zur Auswertung zur Verfügung gestellt:

Firma Solare Energiesystem Martin Wieland	Projekte zu 1 und 2
Firma Binkert über ZVSHK	Projekte zu 3 und 5
Energieagentur regio Freiburg	Projekte zu 9 und 11
Klimaschutz- und Energieberatungsagentur Freiburg	Projekte zu 9 und 15
Ortenauer Energieagentur	Projekte zu 9 und 10
Firma Müller über Fachverband der Stuckateure für Ausbau und Fassade Baden-Württemberg	Projekt zu 13

Zu den Projekten 6 bis 8 konnten innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens keine Daten beschafft werden, ebenso zum Projekt 16. Hier wurde lediglich ein Projekt aus Daten der Energieagentur regio Freiburg rekonstruiert.

# 1 Thermische Solaranlage EFH

Projekt Winterbach



Gebäudeansicht



Speicher und Solarregler

Adresse Winterbach

Wohnfläche 115 m<sup>2</sup> Wohneinheiten 1

Kollektorfläche 6,1 m<sup>2</sup> Ausrichtung: Ost -75 ° Neigung: 30 °

## Kurzbeschreibung

Beim Projekt handelt es sich um eine Thermische Solaranlage zur reinen Brauchwasserbereitung. Zum Einsatz kommt ein Indach-Großflächenkollektor. Die Nacherwärmung erfolgt mit einer Gastherme

Investitionskosten inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Beschreibung	Kosten (€)	Spez. Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Kollektor	6,1	Indach-Großflächenkollektor mit CU Verwahrung	2.057	337,16
Speicher	300 l	Emailliert mit 2 fest eingebauten WT (1396 €) Vermieden: 200 l Speicher mit einem WT (870)	526 (nur Mehrkosten)	86,23
Verrohrung		Schnellverrohrungssystem	435	71,31
Solarstation, Regler			1.018	166,96
Montage			1.566	256,72
<b>Gesamt</b>			<b>5602</b>	<b>918,36</b>

## Errechnete Einsparung (Simulationsprogramm T-Sol)

absolut: 1872 kWh spezifisch 343,6 kWh/m<sup>2</sup>a

Erdgas-Einsparung 2630 kWh/a

## 2 Thermische Solaranlage MFH

Projekt Heidelberg



Kollektoransicht



Pufferpeicher

**Adresse** Heidelberg-Wieblingen

**Wohnfläche** 3036 m<sup>2</sup>

**Wohneinheiten** 32

**Kollektorfläche** 68 m<sup>2</sup> **Ausrichtung:** Süd 0° **Neigung:** 45°

### Kurzbeschreibung

Bei diesem Projekt handelt es sich um eine Thermische Solaranlage zur reinen Brauchwasserbereitung. Zum Einsatz kommen 8 Elemente Flachdach-Großflächenkollektoren mit je 8,5 m<sup>2</sup>. Die Nacherwärmung erfolgt mit einem Ölkessel. Der Speicher wurde in einen Pufferspeicher mit 2500 l und eine Brauchwasserspeicher mit 950 l aufgeteilt.

**Investitionskosten** inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Beschreibung	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Kollektor	68	Flachdach-Großflächenkollektor	29.609	435,42
Speicher	950 +2500l	Pufferspeicher 2x1250 l + Edelstahl TWW-Speicher	7093 3758	104,31 55,27
Verrohrung		Schnellverrohrungssystem+CU	8700	127,94
Solarstation, Regler			5678	83,50
Montage			8700	127,94
<b>Gesamt</b>			<b>63.538</b>	<b>934,39</b>

### Errechnete Einsparung (Simulationsprogramm T-Sol)

**absolut:** 36.460 kWh **spezifisch** 599 kWh/m<sup>2</sup>a

**Erdgas-Einsparung** 60.000 kWh/a

### 3 Wärmepumpe

#### Projekt Hornberg



Gebäudeansicht



Wärmepumpe

**Adresse** Herrischried-Hornberg

**Wohnfläche** 200 m<sup>2</sup>

**Wohneinheiten** 1

**Baujahr** 1650

**Heizflächenauslegung** 55/35 **Erdsonden:** 275 m (96 m +91m + 88 m)

**Stromaufnahme** 3,5 kW **Heizleistung** 17,6 kW bei W0/W35

#### Kurzbeschreibung

Die veraltete Ölheizung mit einer Leistung von 45 kW wurde durch eine Hochtemperatur-Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden ersetzt. Zur hydraulischen Entkopplung wurde ein Kombipufferspeicher mit innenliegendem Wärmetauscher zur Warmwasserbereitung eingebaut. Vor Installation der Anlage wurde die oberste Geschossdecke des Gebäudes gedämmt.

**Investitionskosten** inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Beschreibung	Kosten (€)
Wärmepumpe mit Regelung		8.528
Speicher	Pufferspeicher	8.440
Erdsonden	3 Bohrungen	17.287
Montage		5720
<b>Gesamt</b>		<b>39.975</b>

#### tatsächliche Einsparung

**alt:** 37.000 kWh (Öl)

**Stromverbrauch** 13.11.06 bis 15.6.07

6.826 kWh

prognostizierte Stromrechnung 1150 €

Jahresarbeitszahl wird noch ermittelt, kein Wärmemengenzähler vorhanden.

## 5 Holzpelletsheizung

### Projekt Küssaberg-Rheinheim



Gebäudeansicht



Pelletsessel

**Eigentümer** WEG

**Adresse** Küssaberg Rheinheim

**Wohnfläche** 570 m<sup>2</sup>

**Wohneinheiten** 16

**Baujahr** 1972

**Kesselleistung** alt 138 kW (Öl) neu 40 kW (Pellets)

#### Kurzbeschreibung

Die Gebäudehülle des Mehrfamilienhauses wurde vor dem Einbau der Kesselanlage komplett gedämmt. Durch die hohe Zahl der Wohnungen ist der WW Bedarf sehr hoch. Ersetzt wurde ein 138 kW Ölkessel.

**Investitionskosten** inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Beschreibung	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/kW)
Kessel + Abgasanlage	Pelletsessel	15.280	382,0
Pelletspeicher	Im ehemaligen Öltankraum	2.847	71,17
Wärmespeicher	1000 l Pufferspeicher	858	21,45
Regler	Im Kessel enthalten		
Montage		5.280	132,00
<b>Gesamt</b>		<b>24.265</b>	<b>606,62</b>

#### tatsächliche Einsparung

**alt:** 90.000 kWh (Öl)      **neu** 12,2 t Pellets (entspricht ca. 59.800 kWh/a)

**6, 7 und 8 Neubau:**

Hier liegen keine Daten vor

## 9 Gebäudesanierung Bestand vor 1977:

### Projekt REH Offenburg



Vor Modernisierung



Nach Modernisierung

**Adresse** Offenburg

**Wohnfläche** 175 m<sup>2</sup>      **Wohneinheiten** 1      **Baujahr** 1960

#### Kurzbeschreibung

Bei dem Reihenendhaus in geschlossener Stadtlage war der energetische Zustand vor der Sanierung dem Baualter entsprechend. Lediglich das Dach wurde im Rahmen eines Dachausbaus mit 12 cm Mineralfasermatten gedämmt und einige Fenster erneuert. Beheizung und Warmwasserbereitung erfolgten über einen Erdgaskessel Bj. 1987. Bei der Modernisierung 2006 wurde die Außenwand mit Steinwolle (10 cm) und die Kellerdecke mit Polystyrolplatten (wegen Deckenhöhe nur 4 cm) gedämmt. Zwei Fenster wurden gegen solche mit Wärmeschutzverglasung ausgetauscht. Zudem kam ein Holzpelletkessel zum Einsatz.

#### U-Werte, Flächen und Investitionskosten inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Maßnahme	U-Wert alt (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert neu (W/m <sup>2</sup> K)	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Außenwand	159,5	WDVS 10 cm WLG 035 mit Nebenarbeiten Flaschner	1,21	0,30	20.921	131,2
Kellerdecke	87,8	Nur Material PS 4 cm	1,06	0,31	785	8,9
Gerüst	159,5				1047	6,6
Fenster	2,6	Kunststoff 2 Scheiben WSG	2,50	1,40	722	288,8
Heizung		Pelletsessel mit Sacksilo			15.715	
					<b>39.190</b>	

## 9 Gebäudesanierung Bestand vor 1977

Projekt REH, Offenburg

	<b>Zulässig</b>	<b>Ist</b>
Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$	0,54 W/m <sup>2</sup> K	0,46 W/m <sup>2</sup> K

	<b>vorher</b>	<b>nachher</b>
Heizwärmebedarf	149 kWh/m <sup>2</sup> a	73 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf*	253 kWh/m <sup>2</sup> a	159 kWh/m <sup>2</sup> a

\* Energieträger war vor der Sanierung Erdgas, nach der Sanierung Pellets

## 9 Gebäudesanierung Bestand vor 1977:

Projekt EFH, Offenburg



Vor Modernisierung



Nach Modernisierung

**Adresse** Offenburg-Windschläg

**Wohnfläche** alt 162 m<sup>2</sup> neu 196 m<sup>2</sup>

**Wohneinheiten** 1

**Baujahr** 1949

### Kurzbeschreibung

An dem freistehenden Einfamilienhaus am Ortsrand wurden seit 1949 keine Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Lediglich die Heizung wurde 1997 auf Zentralheizung mit Ölniedertemperaturkessel umgestellt. Im Rahmen der Modernisierung 2005 / 2006 wurde die Heizungsanlage um eine thermische Solaranlage zur Trinkwassererwärmung ergänzt. Die Gebäudehülle wurde vollständig saniert (WDVS 12 cm, Dachdämmung 12 cm + 6 cm Holzfaserplatten auf Sparren, Kellerdeckendämmung (PS 8 cm), Fenstererneuerung (2-Scheiben-WSG  $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Kunststoffrahmen).

### U-Werte, Flächen und Investitionskosten inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Maßnahme	U-Wert alt (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert neu (W/m <sup>2</sup> K)	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Außenwand	190	WDVS 12 cm Mineralwolle WLG 035 mit Flaschner	1,19	0,23	20.653	108,7
Dach	152,9	12 cm Zwischensparren (MW 035) +6cm Aufsparren (Holzfaser)	1,63	0,23	12.384 teilw Eigenleistg	80,99
Kellerdecke	99	Nur Material PS 8 cm 035	1,24	0,32	1100	11,11
Gerüst					1844	9,7
Fenster	27,1	Kunststoff 2 Scheiben WSG	2,50/5,2	1,40	17.208	634,98
Thermische Solaranlage		7,7 m <sup>2</sup> mit 400l Speicher			6.917	898
					<b>60.106</b>	

## 9 Gebäudesanierung Bestand vor 1977:

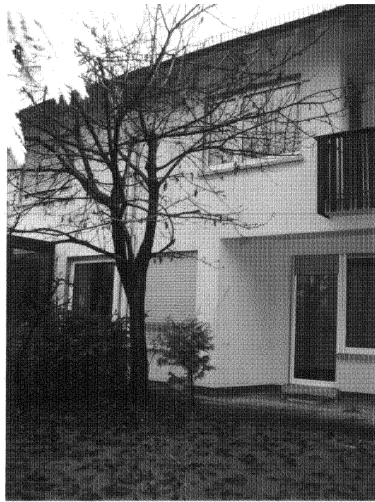
Projekt EFH, Offenburg

	<b>Zulässig</b>	<b>Ist</b>
Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$	0,54 W/m <sup>2</sup> K	0,46 W/m <sup>2</sup> K

	<b>vorher</b>	<b>nachher</b>
Heizwärmebedarf	227 kWh/m <sup>2</sup> a	78 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf*	340 kWh/m <sup>2</sup> a	108 kWh/m <sup>2</sup> a

## 9 Gebäudesanierung Bestand vor 1977:

Projekt REH, Heidelberg



Vor Modernisierung



Nach Modernisierung

Adresse Heidelberg

Wohnfläche neu 160 m<sup>2</sup>

Wohneinheiten 1

Baujahr 1960/1962

### Kurzbeschreibung

Das Reihenendhaus wurde 2006/7 renoviert wobei in diesem Zuge das Dachgeschoss ausgebaut wurde. Bei der Sanierung wurde das Dach gedämmt, die Fenster erneuert und die Fassade gedämmt. Außerdem wurde die Heizungsanlage erneuert und eine thermische Solaranlage eingebaut

### U-Werte, Flächen und Investitionskosten inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Maßnahme	U-Wert alt (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert neu (W/m <sup>2</sup> K)	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Außenwand WDVS	102,3	WDVS 16 cm PS WLG 040 mit Flaschner	1,12	0,20	15.080	147,41
Außenwand hinterlüftet	15,4	16 cm PS Dämmung WLG 035, Lärche Schalung	1,12	0,20	8.518	553,11
Dach	108,9	16 cm PUR WLG 028 Aufsparrendämmung	3,0	0,17	15.814	145,22
Gerüst	117,7				1.788	15,19
Fenster	43	Holzfenster 2 Scheiben WSG	3,5	1,40	15.855	368,72
Thermische Solaranlage	7	Röhrenkollektoranlage aufgeständert			7012,20	1001,74
Heizung		Pelletsessel mit Erdspeicher			24.915	
					<b>88.982</b>	

## 9 Gebäudesanierung Bestand vor 1977:

Projekt REH, Heidelberg

	<b>Zulässig</b>	<b>Ist</b>
Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$	0,75 W/m <sup>2</sup> K	0,59 W/m <sup>2</sup> K

	<b>vorher</b>	<b>nachher</b>
Heizwärmebedarf	266 kWh/m <sup>2</sup> a	62,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf	386 kWh/m <sup>2</sup> a	104 kWh/m <sup>2</sup> a

## 9 Gebäudesanierung Bestand vor 1977:

Projekt EFH, Heidelberg



Vor Modernisierung



Nach Modernisierung

**Adresse** Heidelberg

**Wohnfläche** 115 m<sup>2</sup>

**Wohneinheiten** 1

**Baujahr** 1951

### Kurzbeschreibung

2006 wurde das bis dahin unsanierte Gebäude vollständig renoviert. Dabei wurde das Dach gedämmt und neu gedeckt, neue Wärmeschutzfenster eingebaut und die Fassade gedämmt

**U-Werte, Flächen und Investitionskosten inkl. 16 % MwSt.**

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Maßnahme	U-Wert alt (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert neu (W/m <sup>2</sup> K)	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Außenwand	122	WDVS 12 cm WLG 035 Holz- verkleidung	1,4	0,24	16.896	138,49
Dach	97,5	12 cm Aufsparren (PUR 024) mit Flaschner	3,0	0,19	11.952	122,58
Gerüst	122				1.155	9,46
Fenster	20,5	Holzfenster 2 Scheiben WSG	2,7	1,40	11.907	580,83
					<b>41.910</b>	

## 9 Gebäudesanierung Bestand vor 1977:

Projekt EFH, Heidelberg

	<b>Zulässig</b>	<b>Ist</b>
Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$	0,64 W/m <sup>2</sup> K	0,5 W/m <sup>2</sup> K

	<b>vorher</b>	<b>nachher</b>
Heizwärmebedarf	317 kWh/m <sup>2</sup> a	94 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf	423 kWh/m <sup>2</sup> a	155 kWh/m <sup>2</sup> a

## 10 Gebäudesanierung Bestand vor 1977:

### Projekt MFH Lahr



Vor Modernisierung



Nach Modernisierung

**Adresse** Lahr

**Wohnfläche** 1377 m<sup>2</sup>

**Wohneinheiten** 16

**Baujahr** 1960

### Kurzbeschreibung

Das Gebäude aus dem Baujahr 1960 ist 4-geschossig und besitzt ein Walmdach. Es beinhaltet zwei Treppenhäuser und je Geschoss befinden sich 4 Wohnungen. Die Geschosswände bestehen aus Backsteinen und die Decken sind als Beton-Massivdecken ausgeführt. Die Fenster sind doppelverglast. Als Heizsystem waren im unsanierten Zustand zwei zentrale Gas-Konstanttemperaturkessel im Einsatz, welche auch die Warmwasserbereitung übernahmen.

### U-Werte, Flächen und Investitionskosten inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Maßnahme	U-Wert alt (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert neu (W/m <sup>2</sup> K)	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Außenwand WDVS	1274	WDVS 18 cm WLG 032 mit Flaschner	1,36	0,19	158.823	124,66
Oberste Geschossdecke	385	15 cm PS mit PVC Bodenbelag	1,7	0,16	21.600	56,10
Gerüst					13.820	10,85
Fenster	246	5 Kammer-Kunststofffenster mit Nebenarbeiten Gips, Fliesen, Rolläden	2,9	1,3	148.013	601,68
Kellerdecke	204	8cm WLG 035	1,39	0,33	8.275	40,56
Thermische Solaranlage	38 m <sup>2</sup>	Mit 1.500 l Speicher			26.166	688,58
Heizung	70 kW	Gas-Brennwert			60.024	
<b>Gesamt</b>					<b>436.721</b>	

## 10 Gebäudesanierung Bestand vor 1977:

### Projekt MFH Lahr

	<b>Zulässig</b>	<b>Ist</b>
Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$	0,83 W/m <sup>2</sup> K	0,5 W/m <sup>2</sup> K

	<b>vorher</b>	<b>nachher</b>
Heizwärmebedarf	137,8 kWh/m <sup>2</sup> a	41,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf	209,2 kWh/m <sup>2</sup> a	60,6 kWh/m <sup>2</sup> a

## 11 Gebäudesanierung Bestand 1977 bis 1994

### Projekt ZFH Freiburg



Vor Modernisierung Gartenseite



Nach Modernisierung Strassenseite

**Adresse** Freiburg

**Wohnfläche** 214 m<sup>2</sup>

**Wohneinheiten** 2

**Baujahr** 1979

#### Kurzbeschreibung

Das Gebäude ist ein Flachdachbau, dessen Kellergeschoss - bedingt durch die Hanglage - teilweise gegen Außenluft und teilweise gegen Erdreich abschließt. Die Wände bestehen aus Hochlochziegeln, die Kellerwände und Decken aus Beton. Die Fenster bestanden vor Sanierung aus Isolierverglasung. Das Kellergeschoss ist im Bereich der Einliegerwohnung teilweise beheizt. Die Beheizung und die Warmwasserbereitung erfolgten über einen Gas-Konstanttemperaturkessel mit Heizkörpern sowie einer Fußbodenheizung.

#### U-Werte, Flächen und Investitionskosten inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Maßnahme	U-Wert alt (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert neu (W/m <sup>2</sup> K)	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Außenwand	190	WDVS 10 cm WLG 040	1,27	0,3	22.020	115,89
Dach	125	14 cm WLG 040	1,31	0,16	12.760	102,08
Gerüst					2.358	10,7
Fenster	61,5	5 Kammer Kunststoff 2 Scheiben WSG	2,7	1,40	32.979	536,24
Kellerdecke und Innenwand Keller	50	6 cm WLG 035	2,62	0,45	3.399	67,97
Außendämmung Kellerwand	60	12 cm WLG 035	2,72	0,27	6.422	107
Heizung		Gaskessel +Speicher			12.110	
Solaranlage	10	5 x 2 m <sup>2</sup> , Heizungs- unterstützung			7.468	746,80
Gesamt					<b>99.516</b>	

## 11 Gebäudesanierung Bestand 1977 bis 1994

Projekt ZFH Freiburg

	<b>Zulässig</b>	<b>Ist</b>
Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$	0,75 W/m <sup>2</sup> K	0,5 W/m <sup>2</sup> K

	<b>vorher</b>	<b>nachher</b>
Heizwärmebedarf	232,2 kWh/m <sup>2</sup> a	81,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf	352,6 kWh/m <sup>2</sup> a	98,8 kWh/m <sup>2</sup> a

## 13 Fassadendämmung

Projekt EFH, Schrozberg



Vor Modernisierung



Nach Modernisierung

Adresse Schrozberg

Wohnfläche 224 m<sup>2</sup>

Wohneinheiten 1

Baujahr 1949/1969 aufgestockt

### Kurzbeschreibung

2006 wurden die vier Seiten des Gebäudes mit unterschiedlichen Stärken, abhängig vom Ausgangszustand gedämmt. Kosten für eine Ortgangverbreiterung sind enthalten

### U-Werte, Flächen und Investitionskosten inkl. 16 % MwSt

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Maßnahme	U-Wert alt (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert neu (W/m <sup>2</sup> K)	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Außenwand OG 1	50*	WDVS 14 cm WLG 035	0,72	0,19	5.525	110,50
Außenwand EG	63*	WDVS 14 cm WLG 035	1,38	0,22	6.962	110,50
Außenwand OG 2	147	WDVS 12 cm WLG 040	0,72	0,23	16.759	114
Gerüst					1950	7,50
					<b>29.127</b>	

\* Fläche wurde aufgeteilt

**Berechnete Energieeinsparung:** 20.000 kWh Erdgas

**Tatsächliche Energieeinsparung** noch nicht bekannt

## 14 Fassadendämmung

**Projekt** MFH, Schrozberg - Teilflächendämmung



Vor Modernisierung



Bei der Modernisierung

**Adresse** Schrozberg

**Wohnfläche** 349 m<sup>2</sup>

**Wohneinheiten** 2

**Baujahr** 1922

### Kurzbeschreibung

2006 wurden Teilflächen des Gebäudes gedämmt (2 Fassaden mit insgesamt 217 m<sup>2</sup>)

Ein Energiebedarfsausweis liegt nicht vor. Das Objekt wurde in die Auswertung aufgenommen, um die Datenbasis für die Querauswertung zu erhöhen.

**U-Werte, Flächen und Investitionskosten** inkl. 16 % MwSt.

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Maßnahme	U-Wert alt (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert neu (W/m <sup>2</sup> K)	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Außenwand EG Süd	100*	WDVS 14 cm WLG 035	1,48	0,21	14582	145,82
Außenwand EG West	68*	WDVS 14 cm WLG 035	1,19	0,20	9916	145,82
Außenwand OG Süd	49	WDVS 16 cm WLG 035	0,75	0,17	7.317	149,32
Gerüst					1785	8,22
					<b>31.815</b>	

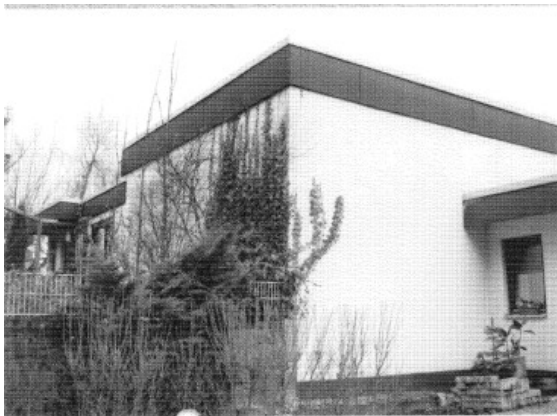
\*Fläche wurde aufgeteilt

**Berechnete Energieeinsparung:** 11.500 kWh

**Tatsächliche Energieeinsparung** nicht nachweisbar, da Energieträger Scheitholz

## 15 Dachdämmung:

Projekt EFH, Heidelberg



Vor Modernisierung



Nach Modernisierung

**Adresse** Heidelberg

**Wohnfläche** 164 m<sup>2</sup>

**Wohneinheiten** 1

**Baujahr** 1980

### Kurzbeschreibung

2006 wurde das Flachdach des 1980 errichteten Gebäudes gedämmt und saniert. Dabei wurde die Attika (20 % der Fassadenfläche) ebenfalls gedämmt. Zusätzlich wurden die Fenster erneuert; eine Fassadendämmung unterblieb.

**U-Werte, Flächen und Investitionskosten inkl. 16 % MwSt.**

Bauteil	Fläche (m <sup>2</sup> )	Maßnahme	U-Wert alt (W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert neu (W/m <sup>2</sup> K)	Kosten (€)	Spezifische Kosten (€/m <sup>2</sup> )
Attika	49	14 cm PS WLG 035 mit Verkleidung	3,0	0,23	10.252	209,22
Dach	114	20 cm PS 035 Warmdach	0,63	0,20	10.835	95,04
Gerüst						
Fenster	29		2,7	1,40	14.993	517

## 15 Dachsanierung

Projekt EFH, Heidelberg

	<b>Zulässig</b>	<b>Ist</b>
Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$	0,67 W/m <sup>2</sup> K	0,61 W/m <sup>2</sup> K

	<b>vorher</b>	<b>nachher</b>
Heizwärmebedarf	200 kWh/m <sup>2</sup> a	121 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf*	286 kWh/m <sup>2</sup> a	139 kWh/m <sup>2</sup> a

## Querauswertung der Gesamtsanierungen

Mit den folgenden Auswertungen wird der Versuch unternommen, die Daten der einzelnen Bauteile der Gesamtsanierungsprojekte sowie der Einzelprojekte Fassadendämmung, Dachdämmung und Installation der Solaranlagen quer zu evaluieren. Damit kann die Datenbasis dieser Auswertungen deutlich verbreitert werden.

Um die Kosten einer Einzelmaßnahme z.B. Fassadensanierung zu erhalten, wurden zu den vorne genannten Kosten der Fassadendämmung die Gerüstkosten hinzuaddiert. Dies wurde auch bei den Dachdämmungen so gehandhabt. Daher sind die hier aufgeführten Kosten nicht identisch mit den vorne genannten.

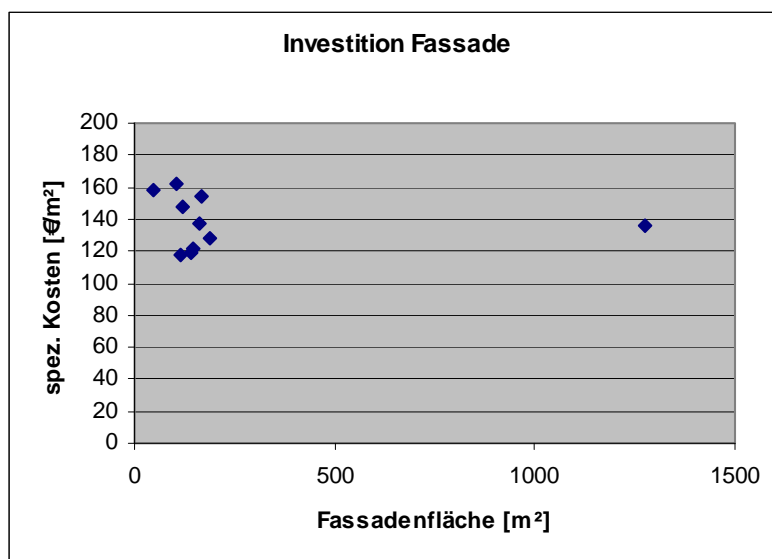
### Fassade:

#### Fassade inklusive Gerüst

Projekt	Fläche [m <sup>2</sup> ]	U alt [W/m <sup>2</sup> K]	U neu [W/m <sup>2</sup> K]	Ausführung	Investition [€]	spez. Investition [€/m <sup>2</sup> ]
				WDVS 12 cm MW WLK		
9 EFH Offenburg	140	1,19	0,23	035	22.497	118,40
9 REH Offenburg	159,5	1,21	0,3	WDVS 10 cm PS 035 12 cm PS WLK 035	21.968	137,70
9 EFH Heidelberg	122,2	1,4	0,24	Holzverschalung	18.051	147,71
9 REH Heidelberg 1	102,3	1,12	0,2	16 cm WDVS WLK 035 16 cm WLK 035	16.634*	162,60
9 REH Heidelberg 2	15,4	1,12	0,2	Holzverschalung	8752*	568,31
11 ZFH Freiburg	190	1,27	0,3	10 cm WLK 025	24.378	128,30
10 MFH Lahr	1274	1,36	0,19	18 cm WLK 032	172.644	135,51
13 EFH Schrozberg A1	113	1,08	0,21	WDVS 14 cm WLK 035	13.334	118,00
13 EFH Schrozberg A2	147	0,72	0,23	WDVS 14 cm WLK 0,35	17.861	121,50
14 MFH Schrozberg A1	168	1,19	0,2	14 cm WDVS WLK035	25.878	154,04
14 MFH Schrozberg A2	49	0,75	0,17	16 cm WDVS WLK 035	7720	157,55

\*Gerüstkosten anteilig zugerechnet

Der flächengewichtete Durchschnittspreis liegt bei 130,70 €/m<sup>2</sup>. Dabei wurde die Sonderlösung beim Projekt 9 REH Heidelberg mit berücksichtigt. Beim Projekt 10 MFH Lahr wurden für die Größe des Objektes relativ hohe Kosten abgerechnet. Bei Projekten mit mehr als 1000 m<sup>2</sup> können bis zu 15 % günstigere Ergebnisse erzielt werden.



## Dach

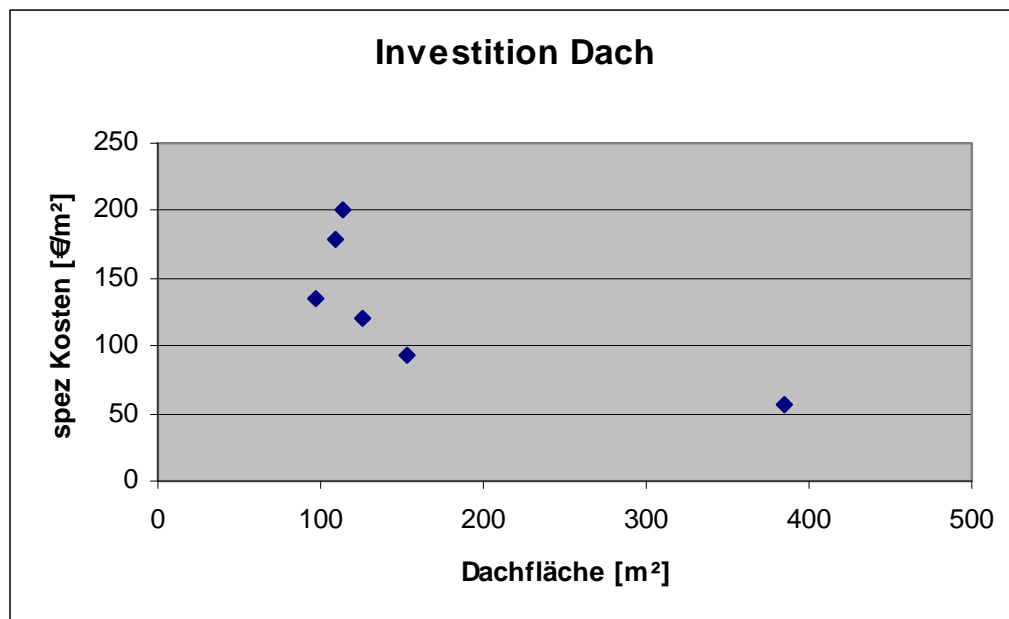
### Dach inklusive Gerüst

Projekt	Fläche [m <sup>2</sup> ]	U alt [W/m <sup>2</sup> K]	U neu [W/m <sup>2</sup> K]	Ausführung	Investition [€]	spez. Investition [€/m <sup>2</sup> ]
9 EFH Offenburg	152,9	1,63	0,23	12 cm Zwischensp. (Eigenl.) + 6 cm Holzf. Auf Sparren	14.228	93,05
15 EFH Heidelberg	114	0,63	0,2	20 cm WLG 035 12 cm PUR	22.942*	201,24
9 EFH Heidelberg	97,5	3,0	0,19	Aufsparren WLG 024 mit Flaschner 16 cm PUR	13.107	134,43
9 REH Heidelberg	108,9	3,0	0,17	Aufsparren PUR 028 14 cm PS WLG 040 auf Flachdach	19.390	178,05
11 ZFH Freiburg	125			16 cm PS auf oberster Geschossdecke mit Gehbelag mit PVC	15.118	120,94
10 MFH Lahr	385	1,7	0,16		21.600	56,1

Bei der Dachdämmung hängen die Investitionskosten in sehr starkem Maße von der technischen Lösung ab, die im jeweiligen Projekt möglich ist

\* Da kein Gerüstkosten vorlagen, wurden durchschnittliche Kosten von 120m<sup>2</sup> x 9,78 €/m<sup>2</sup> angesetzt

Bei den Sanierungen des Dachs wurden je nach baulichen Rahmenbedingungen sehr unterschiedliche Techniken eingesetzt, sodass ein relativ breites Kostenspektrum entsteht. Von der Dämmung der obersten Geschossdecke, die hier mit Spanplatte und PVC Belag sehr aufwendig realisiert wurde und dennoch am Günstigsten ist bis zur Flachdachsanieerung mit Erneuerung der Abdichtung liegt etwa ein Faktor 4. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Kosten für die Erneuerung der Abdichtung als Bauunterhaltungsmaßnahme eigentlich nicht den energetisch bedingten Mehrkosten zugerechnet werden darf.



## Solaranlagen

### thermische Solaranlagen

Projekt	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Investition [€]	spez. Investition [€/m <sup>2</sup> ]
9 EFH Offenburg	7,7	6.917	898,00
11 ZFH Freiburg	10	6.438	643,80
10 MFH Lahr	38	26.166	688,58
1 Winterbach	6,1	5.602	918,36
2 Heidelberg	68	63.538	934,38
9 EFH Heidelberg	7	7.012	1001,71

Bei thermischen Solaranlagen streuen die spezifischen Kosten sehr stark. Beim Projekt 9 EFH Heidelberg wurden Röhrenkollektoren eingesetzt, die systembedingt teurer sind als Flachkollektoren. Beim Projekt 2 MFH Heidelberg wurde die Solaranlage ohne Heizungserneuerung nachgerüstet, sodass relativ hohe Kosten für die Speicher entstanden. Der flächengewichtete Durchschnittspreis liegt bei 845 €/m<sup>2</sup>. Dies deckt sich sehr gut mit den Auswertungen des Marktanzreizprogramms, die 2006 einen Wert von 860 €/m<sup>2</sup> ergab.

