

Gebäudeenergieberatung  
Projektarbeit :  
Modernisierungsplanung

Bauobjekt :  
Zweifamilienhaus



Eigentümer :

Aufsteller :



Oberhausen im November 2006

Bauobjekt :  
Zweifamilienhaus

### Inhaltverzeichnis

<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Deckblatt</b>	<b>1</b>
<b>2. Inhaltsverzeichnis</b>	<b>2</b>
<b>3. Beratungsbericht</b>	<b>3-6</b>
Bestandbeschreibung von Gebäude und Haustechnik	
Modernisierungsempfehlung, Alternativen und Anforderungen	
<b>4. Dokumentation Ist-Zustand</b>	<b>7-22</b>
Tabellarische Bestandaufnahme von Gebäude und Haustechnik	
Grundrisse, Ansichten, Schnitt, Lageplan und Bild des Hauses	
Auswertung der Heizungsanlage im Bestand	
Warmwasserbedarfsermittlung	
U-Wertermittlung im Bestand	
Heizlastberechnungen und ENEV-Nachweis zum Bestand	
Grafiken zu anteiligen Energieverlusten	
<b>5. Vorschläge für Energieeinsparmaßnahmen</b>	<b>23-27</b>
Kurzzeichenerklärung	
Vorschläge zur Modernisierung (tabellarisch) mit Verweisführung	
U-Wertverbesserungsnachweis	
<b>6. Aufstellung der Modernisierungsvarianten</b>	<b>28-32</b>
<b>7. Energieeinsparkombinationen</b>	<b>33-36</b>
<b>8. Tabellarische Auswertung</b>	<b>37</b>
<b>9. Auswertung zur Kombination 1</b>	<b>38-42</b>
Heizlastberechnungen und ENEV-Nachweis nach Modernisierung	
Grafiken und Gegenüberstellungen zur Kombination 1	

## **A. Allgemeine Gebäudebeschreibung**

Das nachfolgend untersuchte Gebäude wurde 1960 als 2-geschossiges Zweifamilienreihenendhaus erstellt. Es hat ein nachträglich ausgebautes 32° Satteldach und ist voll unterkellert. Der Keller ist nicht beheizt. Die beheizte Wohnfläche beträgt 180 m<sup>2</sup>. Das Haus wird seit einigen Jahren von den Eigentümern und deren Eltern bewohnt. Die Zeiträume der vorliegenden Gas- und Wasserabrechnungen berücksichtigen das jetzige Nutzerverhalten.

### **Zustand der Heizungsanlage und der Warmwasseraufbereitung.**

Die Heizungsanlage (Bj. 1997), die einen atmosphärischen Ölbrenner hat, wurde als Standardkessel ausgeführt mit einer Leistung von 35 kW. Die Abgasverluste liegen bei 9%, sodass hierüber nach BImSchV kein Handlungsbedarf besteht. Die Wärmeübergabe erfolgt über Heizkörper, die vorwiegend an den Außenwänden platziert und mit 2K Thermostatventilen ausgestattet sind. Die Warmwasseraufbereitung erfolgt zentral über einen indirekt beheizten Warmwasserspeicher.

### **Zustand der Fenster**

Die Fenster wurden im Laufe der Jahre ersetzt und haben Isolierverglasung und sind in einem guten Zustand. Ein Teil der Fenster soll durch neue mit Wärmeschutzverglasung U-Wert 1,3 ersetzt werden. Der bestehende  $\varnothing$  U-Wert wird mit 2,5 W/m<sup>2</sup>K angesetzt.

### **Zustand Fassade und Wärmebrücken**

Der linke Teil der Vorderfront wurden voreinigigen Jahren mit einer Verklinkerung ohne Wärmedämmung versehen. Der rechte Teil, mit typischer Verklinkerung soll in der Verklinkerung angepasst werden und dabei eine Wärmedämmung erhalten. Ebenso befinden sich der Giebel und die Rückfront in ihrem Ursprungszustand zum Teil mit Klinker sowie geputzter Oberfläche. Hier wird eine Erneuerung der Fassade mit Schieferverkleidung gewünscht, die mit Wärmedämmung versehen werden soll.

### **Lüftungszustand und Nutzerverhalten**

Es ist mit einem leicht erhöhten Luftwechsel, bedingt durch die nicht gedämmten Bauteile und dem bekundete Nutzerverhalten, zu rechnen. Die Räume werden gemäß Bewohnerauskunft gleichmäßig geheizt (20° C). Der Wintergartenanbau ist gut gedämmt und wird als Wohnzimmer genutzt.

### **Das Dach**

Das Dach wurde vor einigen Jahren ausgebaut und zur Rückfront mit Gauben versehen. Es ist in Bezug auf die Dämmstoffstärken nach der Wärmeschutzverordnung 1995 ausgeführt worden. Allerdings ist die Winddichtigkeit gemäß Nutzerauskunft nicht besonders gut. Deshalb wurden auch für die Heizlastberechnung nach der Sanierung eine etwas höhere Luftwechselrate angesetzt. Das Wintergardendach mit Doppelstegplatten ist zwischen den Balken als Kaltdach umfunktioniert worden und hat somit eine gute Wärmedämmung.

### **Die Kellerdecke / Bodenplatte Wintergartenanbau**

Bis auf die Dämmung des schwimmenden Estrichs ist die Kellerdecke ungedämmt. Die Dämmung der Bodenplatte des Wintergartens ist sehr gut.

## **B. Empfehlung zur Ausführung der kombinierten Maßnahmen "Kombi 1"**

Dieses Maßnahmenpaket empfiehlt sich, weil hierbei die Eigentümerwünsche berücksichtigt sind und die Außenwände, die nicht im Zuge von bisherigen Sanierungs- Anbau- und Ausbaumaßnahmen verändert wurden, energetisch verbessert werden. Somit wird neben der Kosten- und Energieeinsparung der Wert des Gebäudes nachhaltig erhöht. Die Berechnung weist eine Energieeinsparung von über 80% aus. Auch wenn sich diese Einsparquote durch die hohen Investitionskosten für die Luftwärmepumpe (LWP) und die höheren Hilfs- und Zuheizenergiekosten (Strom) etwas relativiert, kann diese Kombination durchaus empfohlen werden. Da die z.Z. günstige Förderkonditionen des KfW- CO<sub>2</sub> Gebäudesanierungsprogrammes in Anspruch genommen werden können, liegt der Zinssatz bei 2,85%. Der Nachweis der CO<sub>2</sub> Einsparung gemäß KfW Förderbedingungen wurde im beigefügten ENEC-Nachweis im IST- und Plan-Zustand geführt. Die gewählten Maßnahmen bedürfen, außer beim Einbau der Fenster, keinem baulichen Eingriff im Wohnbereich. Eine Entsorgungsproblematik besteht nicht, da alle bautechnischen Maßnahmen auf die vorhandene Konstruktion ausgebracht werden kann. Der Heizkessel wird vom Fachunternehmer entsorgt. Statt der LWP ist der Einsatz eines neuen Ölbrennwertkessel möglich. Hierbei sind die Investitionskosten wesentlich geringer, aber es müsste wegen der nicht ausreichenden CO<sub>2</sub> Einsparung auf eine normale Bankfinanzierung zurückgegriffen werden. Alternativ wäre auch eine Pelletsheizung möglich. Sie hätte geringere Herstellkosten als die LWP. Die CO<sub>2</sub> Einsparung liegt auch im KfW-förderfähigem Bereich. Eine Pelletsheizung ist aber bislang von den Eigentümern nicht gewünscht. Bei Bedarf wäre die Berechnung entsprechend zu ändern.

### **Die Heizungsanlage**

In den letzten Jahren hat sich die Heiztechnik erheblich weiterentwickelt. Sie hat den Nutzungsgrad der Heizungen wesentlich verbessert. Die vorhandene Anlage nutzt ca. 33% der eingesetzten Energie nicht für Beheizung der Wohnräume. Der vorhandene Kessel ist zwar erst 1997 ausgetauscht worden und somit bei einer angesetzten Nutzungsdauer von 20 Jahren noch recht jung, jedoch ist er als Standardkessel mit konstanter Kesseltemperaturregelung ausgeführt worden, die einen schlechten Nutzungsgrad ausweist. Des Weiteren führt die Überdimensionierung des Kessel mit 35 kW Leistung zu einer weiteren Verschlechterung des Nutzungsgrades. Auch die Wärmedämmmaßnahmen, die bereits erfolgten Umbau- und Anbauten führten zu einer zusätzlichen Senkung. Weitere Dämmmaßnahmen ohne Änderungen im Heizungssystem senken den Nutzungsgrad noch mehr. Mit einem neuen Brennwertgerät, das selbst die Kondensatwärme im Abgas nutzt, wird ein Nutzungsgrad erzielt, der nur 4% nicht für die Raumwärme nutzt. Somit ist ein Tausch zu empfehlen.

Beim gewünschten Energieträgerwechsel zur Luftwärmepumpe ist u. a. folgendes zu beachten:

1. Zum Betrieb der Wärmetauscher ist Hilfsenergie in Form von Strom erforderlich. Dieser Anteil beläuft sich auf ca. 25% der benötigten Energie. Somit ist die Wärme aus der Umgebungsluft zwar kostenfrei, die Hilfsenergie aber mindestens doppelt so teuer wie Öl oder Gas pro kWh. So liegt der ermäßigten Stromtarif vom RWE bei 0,12€/kWh; Öl und Gas sind mit ca. 0,06€/kWh anzusetzen..
2. An kalten Wintertagen muss ebenfalls über Strom zugeheizt werden.
3. Es sollte ein ausreichend großer Zwischenspeicher für die Heizwärme zusätzlich zum Warmwasserspeicher eingebaut werden, da die Aufheizung bei der Luftwärmepumpe recht träge ist.
4. Die LWP kann wirtschaftlich nur bis zu bestimmten Leistungsgrenzen eingesetzt werden. Somit ist die Ausführung der Dämmmaßnahmen unbedingt erforderlich. Die Auslegung sollte auf jeden Fall vom Hersteller vor Einbau überprüft werden, um übermäßige Zuheizung oder Unterversorgung zu verhindern.
5. Für die Warmwasserbereitung sollte eine Solarunterstützung optional vorgesehen oder eingebaut werden.
6. Die Heizkörpergrößen müssen bei der geringen Vorlauftemperatur von 55° C überprüft werden, ob sie zur Beheizung der jeweiligen Räume ausreicht und ggf. ersetzt werden. Im Zuge dieser Überprüfung sollten die Steuerungen der Heizkörper verbessert werden. ( mind. 1K Regler)

Grundsätzlich kann an die vorhandenen Heiz- und Warmwasserleitungen angebunden werden. Die Dämmung der Rohre müssen nach geltenden Vorschriften der ENEC erneuert werden.

## **Fassade**

Auf die rechte Vorderfront soll eine Klinkerschicht mit Wärmedämmung angebracht werden, um eine Anpassung an die linke neue Verklinkerung, die ohne Wärmedämmung ausgeführt wurde, zu erreichen. Es soll eine Klinkerschicht als zusätzliche Schale auf eine zu schaffende Fundamentierung gestellt werden und mittels Mauerwerksanker mit Wärmeschutzdübeln an das vorhandene Mauerwerk angebunden werden. Dazwischen wird eine Mineralfaserdämmschicht eingebracht. An Giebel und Rückfront soll eine Vorhangfassade aus Schieferplatten angebracht werden. Zwischen der Tragkonstruktion für den Vorhang wird eine 14 cm starke Mineralfaserdämmung 035 mit diffusionsoffener Folie eingebracht werden. Da die Holzbalken durch den schlechteren Dämmwert Wärmebrücken bilden, sollten mittels Abstandshalter und zweilagiger Dämmung diese Übergänge weitgehendst vermieden werden. Das Dach braucht nicht verändert werden, da die vorhandenen Überstände an Giebel und Traufe groß genug sind, die neuen Wandteile zu überdecken. An den Fensterlaibungen ist nur bedingt eine Dämmung bis zu 3 cm Stärke möglich. Es werden Wärmebrücken konstruktionsbedingt bleiben. Die Fensterbänke müssen durch tiefere - ersetzt werden. Eine unterseitige Dämmung und Antidrohn sollte eingebracht werden. Der verbleibende seitliche Grenzabstand vom Giebel ist ausreichend groß, sodass die Abstandsflächen auf dem eigenen Grundstück liegen. Das Haus muss komplett eingerüstet werden. Der Wintergarten muss dabei überbaut werden.

## **Die Fenster**

Es ist vorgesehen einen Teil der Fenster, die bei den letzten Umbaumaßnahmen nicht ausgetauscht wurden, durch neue Fenster zu ersetzen. Für die verbleibenden Fenster wurde ein U-Wert von 2,5 als Durchschnittswert angesetzt. Es ist ratsam, die Fenster durch eine Fachfirma einstellen zu lassen und ggf. defekte Dichtungsgummis auszutauschen. Des weiteren sollten die Rollladenkästen von der Unterseite des Fenstersturzes, von der Innenfläche der Öffnungsklappe und von der Innenseite des Kastenbodens wärmegeklämt werden. Es sind weitgehendst Maßnahmen zur Fugendichtigkeit zu treffen. Die Fensterlaibungen innen sollten beim nächsten tapezieren mit Dämmplatte (Polystyrol/Gipskaton) verkleidet werden, um die Wärmebrücken am Fensterübergang zum Mauerwerk mindern.

## **Das Dach**

Das Dach wurde nachträglich ausgebaut und mit Dachgauben versehen. Die Wärmedämmung ist nach dem Stand der Technik ausgeführt worden. Hier können keine Verbesserungsmassnahmen vorgeschlagen werden.

## **Die Kellerdecke**

Die Dämmung der Kellerdecke wird empfohlen ist aber nicht im Sanierungsvorschlag berücksichtigt. Mit einem geringer Kostenaufwand läßt sich ggf. in Eigenleistung eine Energieeinsparung und ein besseres Raumklima erzielen. Die vorhandene lichte Kellerhöhe erlaubt es eine 6 cm Dämmung 040 auf der Deckenunterseite (Kaltseite) aufzubringen und mit Gipskartonplatten zu verkleiden. Gemäß Bau O NW § 34 (1) besteht für Zweifamilienhäuser eine Anforderung zum Brandschutz (F30).

## **Alternativen**

Die gewählte Variante erreicht nicht ganz die Anforderung der ENEV für Gebäude im Bestand. Die CO<sub>2</sub> Einsparung gemäß KfW wird aber mit 44 kg/m<sup>2</sup> a erreicht. Somit können Mittel aus dem KfW CO<sub>2</sub> Gebäudesanierungsprogramm (Maßnahmenpaket 4) beantragt werden.

Um eine Verbesserung dieser Werte zu erreichen, ist eine Erhöhung der Dämmwerte der Bauteile nicht unbedingt sinnvoll. Allerdings gäbe es im Bereich der Anlagentechnik recht vernünftige Alternativen.

### **1. Solarthermie**

#### **Vorteil**

Es könnten Solarkollektoren auf dem südseitigen Dach angebracht werden. Die Warmwassererzeugung, insbesondere in den Sommermonaten, übernimmt die Anlage. Neben der Energieeinsparung zur Warmwasserbereitung sinkt auch die Betriebsbereitschaftszeit der Heizung; dies führt zu einer weiteren Senkung der Energie des Energieverbrauches. Solarthermie wird über die BAFA gefördert. Da sechs Personen im Haus leben, werden ca. 7000 kWh/a für Warmwasser beraucht gebraucht.

#### **Nachteil**

Die Erstellung erhöht die Gesamtkosten um ca. 7000,-€

### **2. Brennwert - Holzpellettsheizung mit Solarunterstützung (wie vor)**

#### **Vorteil**

Holzpellets ist ein nachwachsender Brennstoff aus gepressten Holzspänen, der inzwischen auf dem Markt gut verfügbar ist. Bei gleicher Heizmenge ist er ca. 45% günstiger als Öl oder Gas. Das Lagervolumen ist allerdings bei gleicher Heizmenge doppelt so hoch wie bei Heizöl. Da durch das alte Öllager - neben der Heizung- Raum zu Verfügung steht, wäre der Einbau möglich. Es ist nur geringe Hilfsenergie erforderlich, somit entsteht eine große Unabhängigkeit vom internationalen Energiemarkt. Pellets sind fast CO<sub>2</sub> neutral und der Anlageneinbau wird ebenfalls vom BAFA gefördert. Der ENEV-Nachweis für Gebäude im Bestand würde erfüllt.

#### **Nachteil**

Die Anlage ist ca. 50%-70% teurer als eine neue Ölheizung. Der Nutzungsgrad liegt nur 92-94%. Ein Lagerraum und Wartungsmehraufwand (Ascheentsorgung ca. vier mal pro Heizperiode) ist erforderlich.

### **3. Neue Brennwert Ölheizung modulierend**

#### **Vorteil**

Niedrige Herstellkosten. Tanks sind vorhanden. Energieeinsparung ca.35% mit Dämmmaßnahmen. Energieeinsparung ca.31% ohne Dämmmaßnahmen. Ausreichende Leistungsauslegung. Zeitlich versetzte Maßnahmen möglich. Auch mit Solarthermerie kombinierbar.

#### **Nachteil**

Großer Primärenergieanteil, da fossile Energieform. Keine Ausreichende CO<sub>2</sub> Einsparung um KfW-Mittel zu beantragen.

### **4. Ausführung der Wanddämmung als Wärmedämmverbundsystem WDVS**

#### **Vorteil**

Sowohl bei der Klinkerfassade mit Riemchen möglich als auch als Ersatz für die Schieferfassade mit Riemchen oder Kratzputz möglich. Wesentlich kostengünstiger - keine Wärmebrücken in der Konstruktion.

#### **Nachteil**

Nicht so lange Nutzungsdauer und ggf. streichen erforderlich.

## **C. Anforderung der ENEV und der DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau**

Die Energieeinsparverordnung stellt im Abschnitt 3 §§8-10 Anforderungen an bestehende Gebäude.

Bei der Ermittlung der U-Werte wurden die geforderten Werte ausgewiesen und bei den zu sanierenden Bauteilen eingehalten. Die Nachrüstung der Heizungsanlage ist nicht erforderlich. Jedoch gibt eine Nachrüstungsverpflichtung zur Dämmung bezüglich der Heiz- und Warmwasserleitungen und Armaturen in den zugängigen nicht beheizten Räumen (im vorliegenden Fall Kellerräume) bis zum 31.12.2006.

Bauliche Nachrüstungsverpflichtungen bestehen im spezifischem Fall nicht.

# Gebäudeenergieberatung

Bauobjekt :  
Zweifamilienhaus



## I. Daten des Ist-Zustandes von Gebäude und Heizung

### 1. Gebäude

<b>Haustyp</b>	<b>Zweifamilienreihenendhaus Vorderfront nach Süden</b>
<b>Geschosse</b>	<b>2 Vollgeschosse + ausgebautem Dachgeschoss</b>
<b>Keller</b>	<b>Haupthaus: voll unterkellert, unbeheizt, 61 m<sup>2</sup> Wintergarten: nicht unterkellert</b>
<b>Ausmaße: Breite,Tiefe Geschosshöhe</b>	<b>8,93m/12,12m/2,75m</b>
<b>Dachform</b>	<b>Satteldach mit 2 Gauben, beheizt, wärmegeklämt</b>
<b>Dachneigung / -höhe</b>	<b>32° / 3,18m</b>
<b>Fenster</b>	<b>Kunststoff-fenster mit 2-Scheiben Isolierverglasung</b>
<b>Garage</b>	<b>direkt an Giebelwand angebaut</b>
<b>Baujahr / Erstbezug</b>	<b>1960</b>
<b>1. Sanierung</b>	<b>Heizung 1994</b>
<b>2. Sanierung</b>	<b>Dachgeschossausbau, Badsanierung und Wintergartenanbau 2003</b>
<b>Anzahl der Bewohner / Wohnungen</b>	<b>4 Erwachsene 2 Kinder in 2 Wohnungen</b>

**Wärmetechnische Einstufung siehe** **U-Wertberechnung der Bestandbauteile**  
**ENEV-Nachweis im Bestand im Bestand**  
**Heizlastberechnung im Bestand**

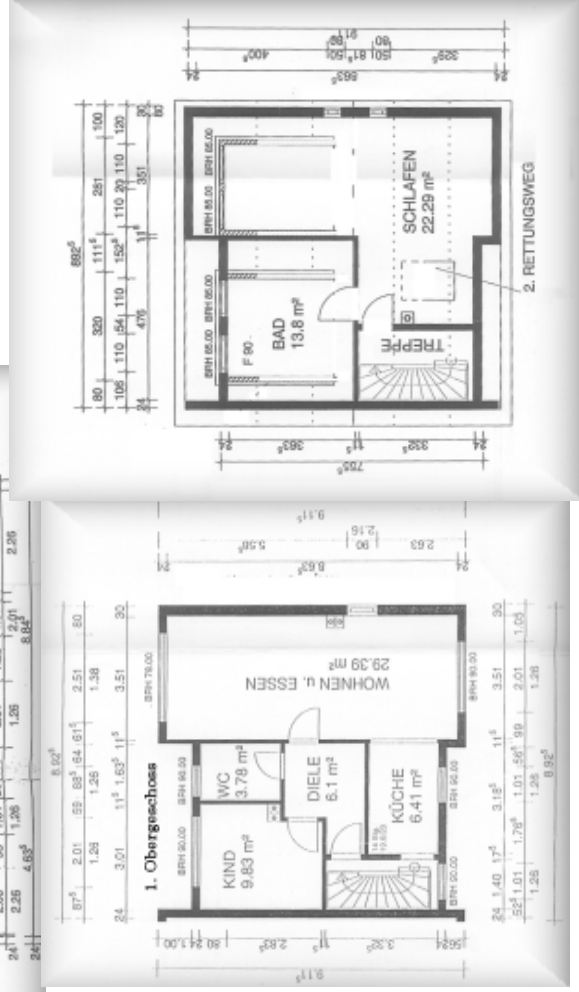
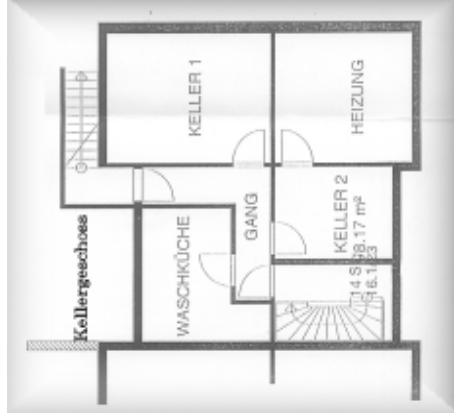
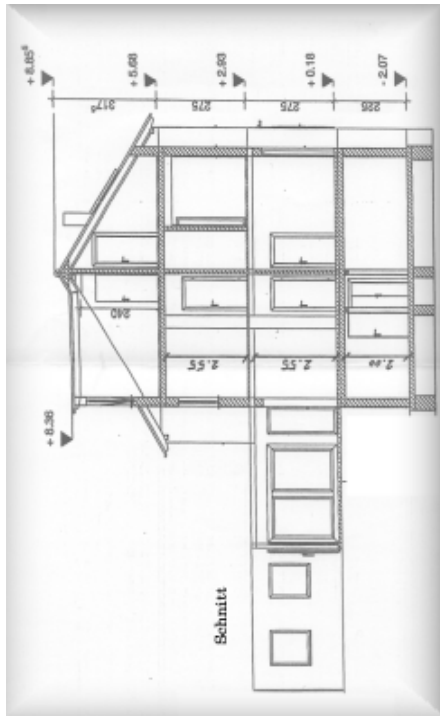
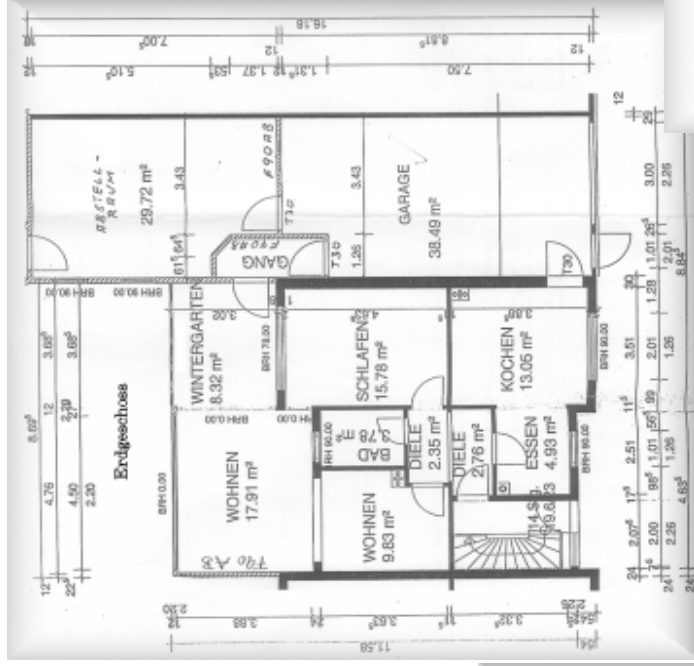
mit Angaben zu Flächen, U-Werte, solaren Gewinnen und Lüftungswärmebedarf und Gebäudevolumen

### 2. Heizung

Zur Zeit der Bearbeitung des Bereatungsberichtes war eine neue LWP vom Bauherrn schon bestellt worden.



<b>Beheizte Wohnfläche</b>	<b>180,41 m<sup>2</sup></b>
<b>Beheiztes Volumen</b>	<b>652,00 m<sup>3</sup></b>
<b>Heizung</b>	<b>ÖI-NT-Kessel 35 KW</b>
<b>Abgasverlust</b> gemäß Schornsteinfegerprotokoll	<b>9,0%</b>
<b>Vaillant VKO unit für Heizung+WW indirekt beheizten Speicher</b>	
Bezeichnung: VKO unit 17 / 22 / 27 / <b>35</b> / 42 / 2	Baujahr: ab 1993
<b>Ø Brennstoffverbrauch</b> s.Anlagenermittlung	<b>33184 kWh/a</b>
<b>davon Engergiebedarf für WW</b> s. WW-Bedarfsermittlung	<b>7004 kWh/a</b>
<b>Nutzungsgrad</b> s.Anlagenermittlung	<b>66,2%</b>





Schritt 1 Aufnahme der Ölbetankung  
Erfassungszeitraum ca. 1 Jahr

Datum	Betankungsmenge in Litern	
07.01.2002	1729 Annahme: voll getankt	
25.07.2002	2308	
23.01.2003	1725	
11.06.2003	1869	
21.01.2004	2039	
29.06.2004	1829	
07.07.2005	1840 Annahme: voll getankt	
	27.05.2006	2000
Zeitraum in	13339	
Tage	Σ Brennstoff - 1. Betankung	
30.06.1903	11610	

$$\varnothing Ba = \frac{\Sigma \text{ Brennstoff - 1. Betankung}}{\Sigma \text{ Zeitraum in Tagen}} * 365 \text{ Tage}$$

$$\varnothing Ba = \frac{11610 \text{ l}}{1277 \text{ Tage}} * 365 \text{ Tage}$$

$$\varnothing Ba = 3318 \text{ l/a}$$

(Heizwert für Heizöl ca. 10 kWh/Liter)

$$\varnothing \text{ Energieverbrauch} = 3318 \text{ l/a} * 10$$

$$\varnothing \text{ Energieverbrauch} = 33184 \text{ kWh/a}$$

Schritt 2

Schritt 3 Ermittlung des durchschnittlichen spezifischen Energieverbrauches

$$\text{s.oben} \quad \varnothing \text{ Energieverbrauch} = \frac{189,00 \text{ m}^2 \text{ beheizte Fläche}}{33184 \text{ kWh/a}}$$

$$\text{Ba, spez.} = \frac{\varnothing \text{ Energieverbrauch}}{\text{beheizte Fläche}}$$

$$\text{Ba, spez.} = \frac{33184 \text{ kWh/a}}{189 \text{ m}^2} = 176 \text{ kWh/ m}^2 \cdot \text{a}$$

---

Schritt 4 Berechnung des Energieverbrauches in Anlehnung an die VDI Richtlinie 3807

Annahme : Heizung + WW -Anlage Brennstoff Heizöl

lt. VDI 3807 Mittelwert 195 kWh / m<sup>2</sup>\*a Richtwert 140 kWh / m<sup>2</sup>\*a  
vorh. Ba, spez.= 176 kWh/ m<sup>2</sup>\*a

Die Orientierungswerte der VDI leicht unterschritten. Es bestehen Einsparmöglichkeiten.

---

Seite 5

Ermittlung des Jahresnutzungsgrades

Ermittlung des "Kesselwirkungsgrades"

Annahmen laut Aufgabe: Heizung+WW  $q_B = 2,5\%$   
Abgasverluste  $q_A = 9,0\%$

$$q_s = 2,5\% \cdot \frac{4}{3} = 3,3\%$$

$$\eta_k = 1 - q_A - q_s$$

$$\eta_k = 1 - 0,09 - 0,033 = 87,7\%$$

Seite 10

## Ermittlung der Feuerungsleistung

$$Q'_k = 35,0 \text{ kW}$$
$$\eta_k = 87,7\%$$

$$Q'_F = \frac{Q'_k}{\eta_k} = \frac{35,0 \text{ kW}}{87,7\%} = 39,9 \text{ kW}$$

## Ermittlung der Feuerungslaufzeit ( Feuerungsbetriebsstunden)

$$Ba = 33184 \text{ kWh/a}$$
$$Q'_F = 39,9 \text{ kW}$$

$$b_F = \frac{Ba}{Q'_F} = \frac{33184 \text{ kWh/a}}{39,9 \text{ kW}} = 831 \text{ h/a}$$

## Ermittlung der "Vollnutzungsstunden"

$$b_{HW} = 8760 \text{ h/a} \quad \text{s.Schritt 2}$$

$$q_b = 2,5\% \text{ Annahmen laut Aufgabe:} \quad \text{Heizung+WW}$$

$$b_{vk} = \frac{831 \text{ h/a} - 8760 \text{ h/a} * 0,025}{1 - 0,025} = \frac{612,19}{0,975} = 628 \text{ h/a}$$

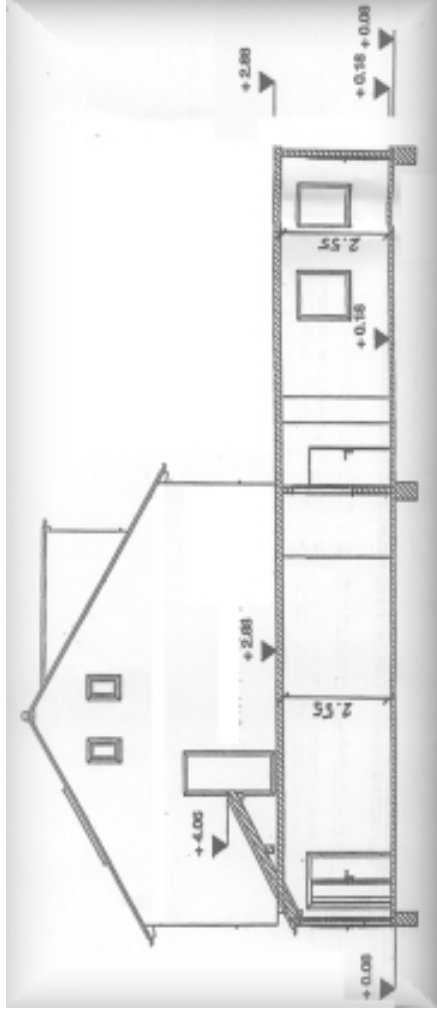
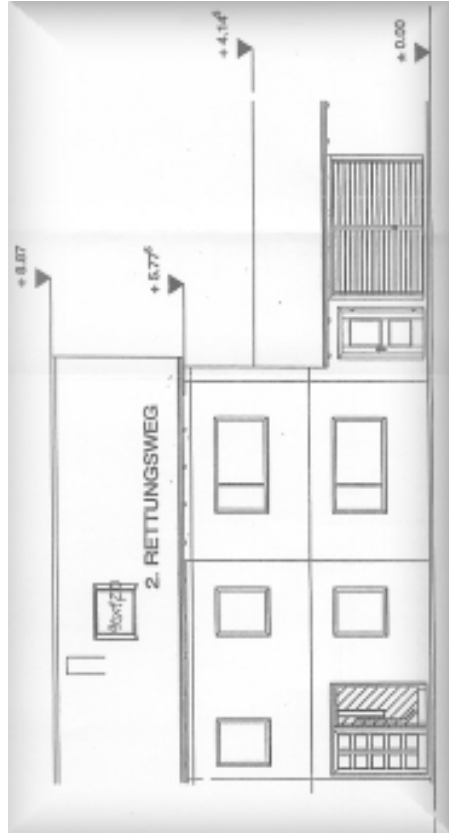
## Ermittlung der "Jahresheizarbeit" der Kesselanlage

$$Q'_k = 35,0 \text{ kW}$$

$$Q_{HK} = b_{vk} * Q'_k = 628 \text{ h/a} * 35,0 \text{ kW} = 21976 \text{ kWh/a}$$

## Ermittlung des "Jahresnutzungsgrades"

$$\eta_a = \frac{Q_{HK}}{Ba, \text{ gesamt}} * 100\% = \frac{21976 \text{ kWh/a}}{33184 \text{ kWh/a}} * 100\% = 66,2\%$$



## Verwendete Konstruktionen

Bezeichnung	Dicke [mm]	Lambda [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Pfannendach, U-Wert : 0,300</b> bestehend aus:		
Spanplatte V100	19,0	0,130
Luftschicht, ruhend	25,0	0,156
Nadelholz	25,0	0,130
Dampfsperre allgemein	5,0	0,200
Mineralwolledämmstoffe nach DIN EN 13162, WLG 040	140,0	0,040
Sparren Nadelholz 140 mm	140,0	0,130
Verwendet für:		
D16+D17		
<b>Gaubendach, U-Wert : 0,281</b> bestehend aus:		
Spanplatte V100	19,0	0,130
Luftschicht, ruhend	25,0	0,156
Nadelholz	25,0	0,130
Dampfsperre allgemein	5,0	0,200
MW 040 Vollsparrendämmung	140,0	0,040
Sparren Nadelholz 140 mm	140,0	0,130
Holzschalung 21 mm	21,0	0,130
Bitumendachbahn nach DIN 52128	10,0	0,170
Verwendet für:		
D3 Gaubenflachdach		
D4 WG-Dach		
<b>Gaubenseite W1, U-Wert : 0,417</b> bestehend aus:		
Spanplatte DIN 68761	20,0	0,130
Nadelholz	10,0	0,130
MW 040 Vollsparrendämmung	10,0	0,040
Spanplatte DIN 68764	20,0	0,170
Nadelholz	80,0	0,130
MW 040 Vollsparrendämmung	80,0	0,040
Spanplatte DIN 68764	20,0	0,170
Verwendet für:		
Gaubenseite W1		
<b>Gaubenfront W2, U-Wert : 1,640</b> bestehend aus:		
Spanplatte DIN 68761	20,0	0,130
Nadelholz	10,0	0,130
MW 040 Vollsparrendämmung	10,0	0,040
Spanplatte DIN 68764	20,0	0,170
Verwendet für:		
Gaubenfront W2		
<b>Klinker vorh W3, U-Wert : 1,456</b> bestehend aus:		
Putzmörtel aus Gips	15,0	0,700
Mauerziegel n. DIN 105 Vollziegel, Hochlochziegel, Dichte1600	240,0	0,680
Zementmörtel nach DIN 1053-1	15,0	1,400
Zementmörtel nach DIN 1053-1	20,0	1,400
Mauerwerk aus Mauerziegel nach DIN 105; Dichte 1800	95,0	0,810
Verwendet für:		
Vorderfront links W3		

Bezeichnung	Dicke [mm]	Lambda [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Giebelwand Klinker</b> , U-Wert : 1,712 bestehend aus:		
Putzmörtel aus Gips	20,0	0,700
Mauerziegel n. DIN 105 Vollziegel, Hochlochziegel, Dichte1600	240,0	0,680
Putzmörtel aus Kalkzement	20,0	0,870
Mauerwerk aus Mauerziegel nach DIN 105; Dichte 2200	11,5	1,200
Verwendet für:		
Vorderfront Irechts W4		
Giebel rechts W5		
Rückfront Klinker W6		
<b>Wand vorh</b> , U-Wert : 1,802 bestehend aus:		
Putzmörtel aus Gips	15,0	0,700
Mauerziegel n. DIN 105 Vollziegel, Hochlochziegel, Dichte1600	240,0	0,680
Zementmörtel nach DIN 1053-1	15,0	1,400
Verwendet für:		
Rückfront geputzt W7		
<b>Wintergartenwand, U-Wert : 0,802</b> bestehend aus:		
Nadelholz	140,0	0,130
Verwendet für:		
Wintergartenwand W8		
<b>Leichtwand Nachbar, U-Wert : 1,722</b> bestehend aus:		
Gipskartonplatten nach DIN 18 180, Dicke 12,5 mm	12,5	0,250
Gipskartonplatten nach DIN 18 180, Dicke 12,5 mm	12,5	0,250
MW 040 Vollsparrendämmung	12,0	0,040
Nadelholz	12,0	0,130
Wandbauplatten aus Gips nach DIN 18163, Dichte 1000	25,0	0,470
Verwendet für:		
Wintergarten zum Nachbarn W11		
<b>Garagenwand</b> , U-Wert : 1,623 bestehend aus:		
Putzmörtel aus Gips	20,0	0,700
Mauerziegel n. DIN 105 Vollziegel, Hochlochziegel, Dichte1600	175,0	0,680
Zementmörtel nach DIN 1053-1	20,0	1,400
Mauerwerk aus Mauerziegel nach DIN 105; Dichte 2200	115,0	1,200
Gipskartonplatten nach DIN 18 180, Dicke 12,5 mm	12,5	0,250
Verwendet für:		
Wand zur Garage W12		
<b>Kellerdecke</b> , U-Wert : 0,997 bestehend aus:		
Normalbeton nach DIN ENV 206, Dichte 2400	12,0	2,100
Mineralwollgedämmstoffe nach DIN EN 13162, WLG 040	30,0	0,040
Zementestrich	40,0	1,400
Keramik	10,0	1,200
Verwendet für:		
Kellerdecke B14		
<b>Bodenplatte</b> , U-Wert : 0,249 bestehend aus:		
Normalbeton nach DIN ENV 206, Dichte 2400	15,0	2,100

Bezeichnung	Dicke [mm]	Lambda [W/m <sup>2</sup> K]
EPS 040 DAA dh	150,0	0,040
Zementestrich	60,0	1,400
Keramik	10,0	1,200
Verwendet für: Bodenplatte WG B15		
Wintergartenwand zu unbeh., U-Wert : 0,748 bestehend aus: Nadelholz	140,0	0,130
Verwendet für: Wintergartenwand W9		
Wand Klinker unbeh. WG , U-Wert : 1,483 bestehend aus:		
Putzmörtel aus Gips	20,0	0,700
Mauerziegel n. DIN 105 Vollziegel, Hochlochziegel, Dichte 1600	240,0	0,680
Putzmörtel aus Kalkzement	20,0	0,870
Mauerwerk aus Mauerziegel nach DIN 105; Dichte 2200	11,5	1,200
Verwendet für: Rückfront zum WG unb. W10		



Anzahl Personen	6 P	6 P
spez. WW-Verbrauch	55 l d	134 l d
bezogen auf	60	
m 6 P 55 l d 365 d	120450 l a	293460 l a
	120,45 m a	
Anteil WW	41	
Gesamt erbrauch	293,5 m a	

Ermittlung des jährlichen WW-Wärmebedarfs

$$Q_{ww} = m \cdot c \cdot \Delta\Theta \cdot 1000$$

$$Q_{ww} = \frac{120.450 \text{ kg a} \cdot 1,163 \text{ Wh kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (60 - 10) \text{ K}}{1000 \text{ W kW}}$$

7004 kWh a

## Formblatt R - vereinfachtes Verfahren

Projekt-Nr. / Bezeichnung																								
Raum-Heizlast										Seite R 1														
Wohneinheit					Geschoss					Raum-Nr. / Name														
Innentemperatur					$\theta_{int}$ 20 °C					<b>Mindest-Luftwechsel</b>					$n_{min}$ 0,7 h <sup>-1</sup>									
<b>Geometrie</b>										<b>Temperatur-Reduktionsfaktor</b>					$f_{\Delta\theta}$									
Raumbreite					$b_R$					<b>Zusatzheizung</b>					Wiederaufheizfaktor					$f_{RH}$				
Raumlänge					$l_R$																			
Raumfläche					$A_R$					0,00 m <sup>2</sup>														
Geschosshöhe					$h_G$					0,00 m														
Deckendicke					$d$																			
Raumhöhe					$H_R$																			
Raumvolumen					$V_R$					652 m <sup>3</sup>														
Orineterung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	Temperatur-Reduktionsfaktor	Temperatur-Korrekturfaktor	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücke	korrigierter U-Wert	Wärmeverlust-Koeffizient	Transmissions-Wärmeverlust										
		n	b	l/h	A <sub>Brutto</sub>	A <sub>Abzug</sub>	A <sub>Netto</sub>	$f_{\Delta\theta}$	$f_k$	U	$\Delta U_{WB}$	$U_C$	H <sub>T</sub>	$\Phi_T$										
		m			m <sup>2</sup>			-	-	W/m <sup>2</sup> K			W/K	W										
<b>Haupthaus</b>																								
OW	W1	Gaubenseitenwangen					12,6	1	1,0	0,417	0,1	0,517	6,514	195										
N	W2	Gaubenfront					7,943	1	1,0	1,640	0,1	1,740	13,821	415										
N	F2	Gaubenfenster					4,84	1	1,0	2,500	0,1	2,600	12,584	378										
S	W3	Wand vorne links schon geklinkert					19,47	1	1,0	1,456	0,1	1,556	30,295	909										
S	F3.1						3,81	1	1,0	2,500	0,1	2,600	9,906	297										
S	F3.2	Haustür					4,52	1	1,0	2,500	0,1	2,600	11,752	353										
S	W4	Wand vorne rechts					23,85	1	1,0	1,712	0,1	1,812	43,216	1296										
S	F4						5,06	1	1,0	2,500	0,1	2,600	13,156	395										
OW	W5	Giebel rechts					39,99	1	1,0	1,712	0,1	1,812	72,462	2174										
OW	F5						1,94	1	1,0	2,500	0,1	2,600	5,044	151										
N	W6	Rückfront links					10,31	1	1,0	1,712	0,1	1,812	18,682	560										
N	F6						3,41	1	1,0	2,500	0,1	2,600	8,866	266										
N	W7	Rückfront rechts					12,81	1	1,0	1,802	0,1	1,902	24,365	731										
N	F7						2,54	1	1,0	2,500	0,1	2,600	6,604	198										
N	W8	Wintergarten außen					2,47	1	1,0	0,802	0,1	0,902	2,228	67										
N	F8						11,53	1	1,0	2,500	0,1	2,600	29,978	899										
OW	W9	Wintergarten zu unbeheizt					1,97	1	0,8	0,748	0,1	0,848	1,336	40										
OW	F9						6,43	1	0,8	2,500	0,1	2,600	13,374	401										
N	W10	Rückfront zum WG unb.					7,51	1	0,8	1,483	0,1	1,583	9,511	285										
N	F10						3,41	1	0,8	2,500	0,1	2,600	7,093	213										
OW	W11	Wintergarten zum Nachbarn					8,68	1	1,0	1,722	0,1	1,822	15,815	474										
OW	W12	Wand zur Garage					25,72	1	0,8	1,623	0,1	1,723	35,452	1064										
OW	F12	Tür					2	1	0,8	2,500	0,1	2,600	4,160	125										
OW	W13	Nachbarwand innen					75,51	1	0,3	0,866	0,1	0,966	21,883	656										
Flach	B14	Kellerdecke					73,52	1	0,5	0,997	0,1	1,097	40,326	1210										
Flach	B15	WG Bodenplatte					20,00	1	0,5	0,250	0,1	0,350	3,500	105										
N	D16	Satteldach hinten					17,5	1	0,9	0,300	0,1	0,400	6,300	189										
S	D17	Satteldach vorne					41,62	1	0,9	0,300	0,1	0,400	14,983	449										
S	F17	DF vorne					2,16	1	1,0	2,500	0,1	2,600	5,616	168										
Flach	D18	Gaubendach					21,04	1	1,0	0,281	0,1	0,381	8,016	240										
Flach	D19	Wintergardendach					20	1	1,0	0,300	0,1	0,400	8,000	240										
Transmissionswärmeverlust								$H_T/\Phi_T$		15145														
Mindest - Luftvolumenstrom							$V'_{min}$		456,26 m <sup>3</sup> /h															
<b>Lüftungswärmeverlust</b>							$H_V/\Phi_V$		0,34*V' min*( $\theta_{int}-\theta_e$ )					4653,9										
<b>Netto-Heizlast</b>								$\Phi_{HL, Netto}$		19799														
<b>Zusatz- Aufheizleistung</b>								$\Phi_{RH}$																
<b>Norm-Heizlast</b>								$\Phi_{HL}$		19799														

Objekt:  
Zeifamilienhaus

**ENEV: Vereinfachtes Nachweisverfahren für Gebäude mit  
normaler Innentemperatur (Wohngebäude)**

jetiger Bestand

Beheiztes Gebäude olumen  $V_e$  652,00 m<sup>3</sup> ; Gebäudenutzfläche  $A_N$  0,32  $V_e$  208,6 m<sup>2</sup>

Bauteil	Bezeichnung	fläche m <sup>2</sup>	A	-Wert W m K	emperatur- korrekturfaktor	Wärme- erlust H A	Einheit	
Au enwand								
Gaubenseitenwangen	An Au enluft	12,60		0,417	1,00	5,25	W K	W1
Gaubenfront	An Au enluft	7,94		1,640	1,00	13,02	W K	W2
Wand orne links	An Au enluft	19,47		1,456	1,00	28,35	W K	W3
Wand orne rechts	An Au enluft	23,85		1,712	1,00	40,83	W K	W4
Giebel rechts	An Au enluft	39,99		1,712	1,00	68,46	W K	W5
Rückfront links oben	An Au enluft	10,31		1,712	1,00	17,65	W K	W6
Rückfront rechts oben	An Au enluft	12,81		1,802	1,00	23,08	W K	W7
Wintergarten hinten	An Au enluft	2,47		0,802	1,00	1,98	W K	W8
Wintergarten	gegen unbeheizt	1,97		0,748	0,50	0,74	W K	W9
Rückfront links unten	gegen unbeheizt	7,51		1,483	0,50	5,57	W K	W10
Wintergarten z. Nachbarn	gegen beheizt 8,68			1,722	0,00	0,00	W K	W11
Wand zur Garage	gegen unbeheizt	25,72		1,623	0,50	20,87	W K	W12
Giebel Nachbar	gegen beheizt 68,65			0,866	0,00	0,00	W K	W13
	An Erdreich				0,60	0,00	W K	
	An Anbauten				0,80	0,00	W K	
enster					1,00	0,00	W K	
Gaubenfenster	Nord	16,96		2,500	1,00	42,39	W K	2
orne links	Süd	3,81		2,500	1,00	9,53	W K	3.1
orne rechts	Süd	5,06		2,500	1,00	12,65	W K	4
Giebel rechts	st West	1,94		2,500	1,00	4,85	W K	5
Rückfront links oben	Nord	3,41		2,500	1,00	8,53	W K	6
Rückfront rechts oben	Nord	2,54		2,500	1,00	6,35	W K	7
Wintergarten hinten	Nord	11,53		2,500	1,00	28,83	W K	8
WG gegen unbeheizt	st West	6,43		2,500	0,50	8,04	W K	9
Rückfront links unten	Nord	3,41		2,500	0,50	4,26	W K	10
D	Süd	2,16		2,500	1,00	5,40	W K	17
	Lichtsacht				1,00	0,00	W K	
Haustüre								
VA	An Au enluft	4,52		2,500	1,00	11,30	W K	3.2
ür zur Garage	gegen unbeheizt	2,00		2,500	0,50	2,50	W K	12
Dachgeschossdecke	An Dachraum				0,80	0,00	W K	
Dachgeschossdecke	An gedämmtes Dach				0,50	0,00	W K	
Dach Schräge hinten	An Au enluft	17,50		0,300	1,00	5,25	W K	D16
Dach Schräge orne	An Au enluft	41,62		0,300	1,00	12,49	W K	D17
Dach der Gauben	An Au enluft	21,04		0,281	1,00	5,91	W K	D18
Dach Wintergarten	An Au enluft	20,00		0,300	1,00	6,00	W K	D19
Kellerdecke	nbeheizt	73,64		0,997	0,60	44,05	W K	B14
Bodenplatte im Keller	Erdreich				0,60	0,00	W K	
Bodenplatte Wintergarten	Erdreich	20,00		0,250	0,60	3,00	W K	B15
	Hüllfläche $\Sigma A$ :	<b>422,21</b>			$\Sigma A$	447,12	W K	
Wärmebrückenzuschlag					A 0,1	42,22	W K	
ransmissions erlust	H spezifisch				$\Sigma A$ A 0,1	<b>489,34</b>	W K	
	absolut				66 H	32296,66	KWh a	
Lüftungswärme erlust	H <sub>v</sub> spezifisch	ohne Prüfung	N <sub>50</sub> 3,0h <sup>-1</sup>		0,19 V <sub>e</sub>	<b>123,88</b>	W K	
		mit Prüfung	N <sub>50</sub> 3,0h <sup>-1</sup>		0,163 V <sub>e</sub>	106,276	W K	
	v absolut				66 H <sub>v</sub>	<b>8176,08</b>	KWh a	

**Objekt:**  
**Zeifamilienhaus**  
**Oberhauser Str. 76 in 45359 Essen**  
**jetziger Bestand**

**ENEV: Vereinfachtes Nachweisverfahren für Gebäude mit  
normaler Innentemperatur (Wohngebäude)**

Solare Wärmegewinne $s$	Orientierung	Fläche	Gesamtenergiedurchlassgrad $g$	Faktor für die Zustrahlung		
	NW bis N	34,44	0,64	100 0,567 g A	1250	KWh a
	S bis SW	15,55	0,64	270 0,567 g A	1524	KWh a
	ost und West	8,37	0,64	155 0,567 g A	471	KWh a
Bestand	ost und West		0,80	155 0,567 g A	0	KWh a
	Dachflächenfenster 30			225 0,567 g A	0	KWh a
				$\Sigma s$	3244	KWh a
Interne Wärmegewinne $i$	Absolut			$i$ 22 AN	4590	KWh a
Nutzbare Wärmegewinne $g$	Absolut			$g$ 0,95 $s$ $i$	7442	KWh a
Wärmehesheizwärmebedarf $h$	Absolut			$h$ - $g$	33030	KWh a
Wärmehesheizwärmebedarf $h$	Spezifisch $e$ m			$h$	<b>158,3</b>	KWh m a
Hüllflächenfaktor				$A V_e$	<b>0,65</b>	$m^{-1}$
Anlagenaufwandszahl $e_p$	Gem. DIN V 4701 Beiblatt 1: Zentralheizg. N, Wärmeübergabe: HK Kesselaufstellung: au en; emp. 75 55; W zentral; Solar nein; Lüftung nein; Pumpe geregelt				$e_p =$	<b>1,53</b>
Primärenergiebedarf $p$ inkl. 125 kWh m a für WW	vorhanden			$p$ orh. $e_p$ $h$ 12,5	261,3	KWh m a
	Zulässig	$p$ ,zul. 50,94	75,29 A Ve	2600 100 AN	<b>106,2</b>	KWh m a
		$p$ ,zul. 72,94	75,29 A Ve	WW elektr. DLE	121,7	KWh m a
	bei Bestand				148,65	KWh m a
Spezifisch, auf die Hüllfläche bezogener Transmissionswärmebedarf $H$	vorhanden	$H$ , orh. $H$ A			<b>1,159</b>	W m K
	Zulässig	$H$ ,zul. 0,3	0,15 A Ve		0,532	KWh m a
	bei Bestand	$H$ ,zul. 0,3	0,15 A Ve	1,4	<b>0,744</b>	KWh m a
Endenergiebedarf	Wärme	Erdgas Erdöl			WE,E	
	Hilfenergie	Strom			HE,E	

Nachweis nach ENEV erfüllt  
im Neubau  ja  nein

Im Bestand  ja  nein

**KfW - CO<sub>2</sub> Berechnung** gemäß dem technischen Merkblatt für das Maßnahmenpaket 4

E or  $h$   $f$  für Heizöl N alt 0,49 kg 2 kWh  
E or 158,3 kWh m a 0,49 kg 2 kWh  
E or **77,57 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a**

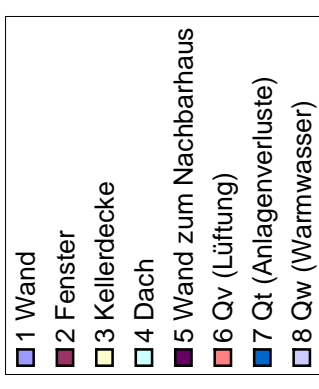
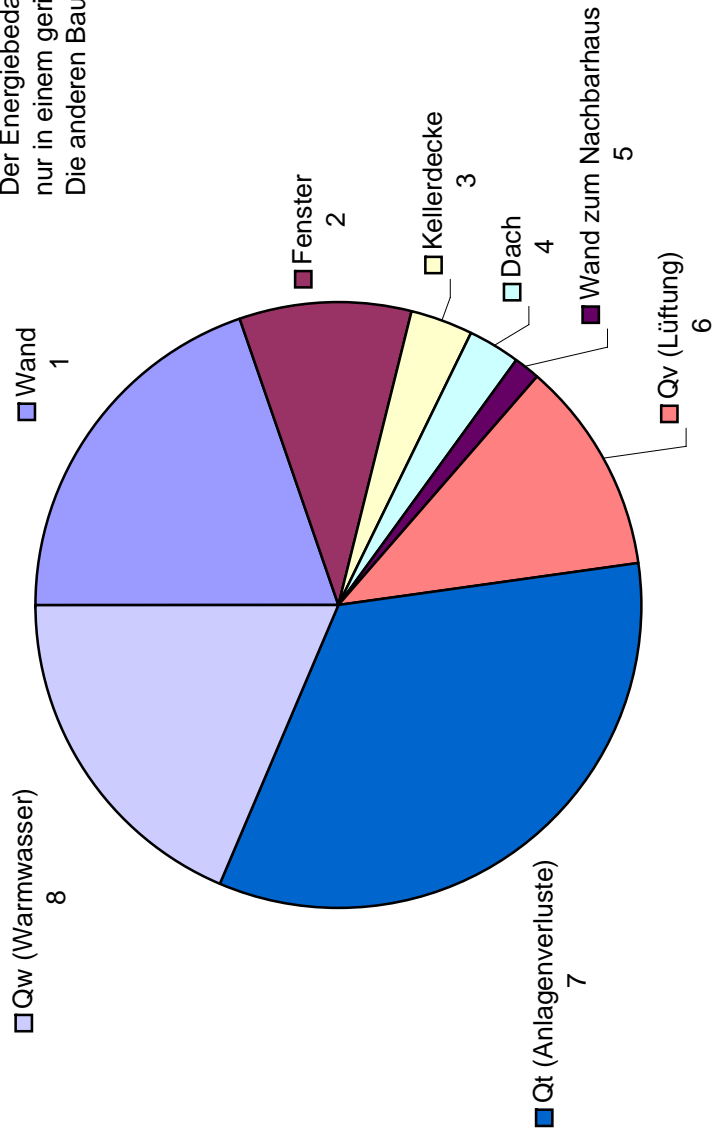
## Verbrauchsanteile im Bestand

Der größte Verlust liegt im Bereich der Anlagentechnik. Deshalb ist hier eine Verbesserung besonders zu empfehlen.

Bei den Bauteilen ist eine Dämmung der Außenwand die Maßnahme die weitere große Einsparungen bringt.

Der Energiebedarf für Lüftung und Warmwasser lässt sich nur in einem geringen Maße senken.

Die anderen Bauteile sind weitgehend wärmegeklämt.



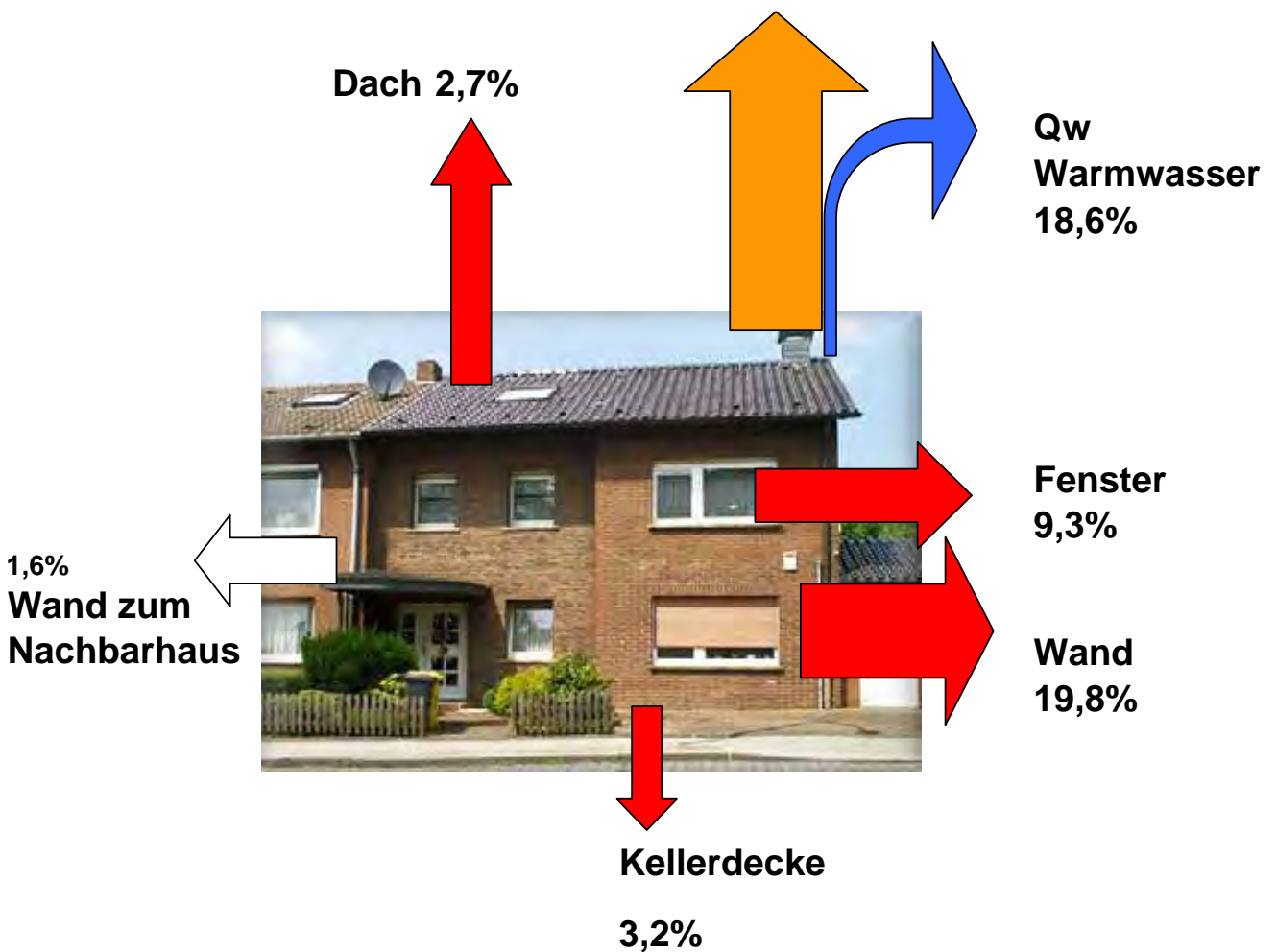
## Bestand

Aufteilung der Verluste in Zugrundelegung der Verbrauchsmengen und Anteile für Bauteil- und Lüftungsverlust der Heizlastberechnung

	in %	Menge	€/a
Wand	19,77%	6560,9 kWh/a	380,53 €
Fenster	9,26%	3071,5 kWh/a	178,15 €
Kellerdecke	3,17%	1050,6 kWh/a	60,93 €
Dach	2,69%	894,1 kWh/a	51,86 €
Wand zum Nachbarhaus	1,58%	524,6 kWh/a	30,42 €
$Q_v$	11,21%	3718,7 kWh/a	215,68 €
<b><math>Q_h</math></b>	<b>47,67%</b>	<b>15820,4 kWh/a</b>	<b>917,58 €</b>
$Q_t$	33,77%	11208,0 kWh/a	650,06 €
$Q_w$	18,55%	6156,0 kWh/a	357,05 €
$Q_E$	100%	33184,4 kWh/a	1.924,70 €

### $Q_t$ Verluste der Anlagentechnik

33,8%



## II. Vorschläge für Energieeinsparmaßnahmen

### 0. Vorbemerkung

Die Modernisierungsvarianten enthalten Berechnungen, die auf Grundlage des Datenblatt "Ausgangssituation" errechnet wurden. Dieses Datenblatt enthält Bestandsdaten aus der Heizungsanlagenanalyse im Bestand mit Verbrauchermittlung und Warmwasserbedarf, der U-Wertberechnung Bestand/Neu, der Heizlastberechnung im Bestand, der Flächen- und Volumenermittlung und Annahmen von Rahmenbedingungen.

#### Bau- und heizungstechnische Ergebnisse

Nutzungsgrad der Neuanlage

$\eta_{a,neu}$  nur bei Heizungserneuerung

Energieverbrauch der Neuanlage

$Ba, neu$  nur bei Heizungserneuerung

U-Wertverbesserung

$\Delta U\%$  nur bei bautechnischer Maßnahme

U-Wertverbesserung in %

$\Delta U$  nur bei bautechnischer Maßnahme

Fläche des Bauteils

$A_{Bauteil}$  nur bei bautechnischer Maßnahme

Ermittlung der neuen Heizlast

$\Phi_{HL,neu}$  nur bei bautech.- und Kombi-Maßnahme

Heizlastreduzierung in %

$HLR$  nur bei bautech.- und Kombi-Maßnahme

Heizlastdifferenz zur Altanlage

$\Delta kW$  nur bei bautechnischer Maßnahme

Nutzungsgrad der bestehenden Kesselanlage  
nach der "bautechnischen" Modernisierung

$\eta_{a,neu n.Maßn.}$  nur bei bautechnischer Maßnahme

Energieeinsparung in kWh/a

$E$

Energieeinsparung in %

$d_E$

Energieeinsparung in Brennstoff

Beheizte Fläche in m<sup>2</sup>

$A_{beheizt}$

#### Kostenfaktoren

Energiekosteneinsparung in €/a

$E_K$

Ansatz Energiekosten in €/kWh

Nutzungsdauer der Maßnahme in Jahre (a)

angenommener Zinssatz

Herstellkosten (in Kostentabelle ermittelt)

Annuität Zins-/Tilgungssatz in %

Annuität in €/a

$A$

Amortisation in Jahren (a)

$tA$

Herstellkosten/Bauteilfläche in €/m<sup>2</sup>

nur Kombitabelle

Energieminderungskosten in ct/kWh

nur Übersicht

#### Emissionseinsparung

SO<sub>2</sub> in kg/a

N<sub>ox</sub> in kg/a

CO<sub>2</sub> in kg/a

CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in kg/m<sup>2</sup> a (ohne Primärenergiefaktor)

## 1.1 Verbesserung der Gebäudehülle

### 1.1.1 Außenwand: Vorderfront rechts

#### **2-schaliges Mauerwerk mit Kerndämmung**

Verweise: U-Wert Neu, Heizlast Neu, ENEV Neu, Modernisierung Variante 3, Kombitabelle, Übersicht, Grafik "vorher/nachher" und "Verluste nach Modernisierung", Beratungsbericht (III.)

### 1.1.2 Außenwand: Giebel und Rückfront

#### **Schiefervorhangschale mit hinterlüfteter Dämmung**

Verweise: U-Wert Neu, Heizlast Neu, ENEV Neu, Modernisierung Variante 4, Kombitabelle, Übersicht, Grafik "vorher/nachher" und "Verluste nach Modernisierung", Beratungsbericht (III.)

### 1.1.3 Fenster: Teilaustausch

#### **Kunststofffenster mit Wärmedämmverglasung**

Verweise: U-Wert 1,3 , Heizlast Neu, ENEV Neu, Modernisierung Variante 2, Kombitabelle, Übersicht, Grafik "vorher/nachher" und "Verluste nach Modernisierung", Beratungsbericht (III.)

### 1.1.4 Kellerdecke:

#### **Wärmedämmschicht auf der Kaltseite (Keller)**

Verweise: Grafik "Verluste nach Modernisierung" Beratungsbericht (III.)

## 1.2 Minderung der Lüftungsverluste

### 1.2.1 Außenwand: Rolladenkästen

#### **Einbau von Dämmstreifen soweit technisch möglich**

Verweise: Beratungsbericht (III.)

### 1.2.2 Fenster im Bestand

#### **Einstellen und Dichtungen prüfen**

Verweise: Beratungsbericht (III.)

### 1.2.3 Türen zum Keller

#### **Unterseitige Dichtungsbürste**

Verweise: Beratungsbericht (III.)



### **1.3 Verbesserung am Heizungssystem**

#### **1.3.1 Heizung: Erneuerung der Heizung mit Wechsel der Energieart**

##### **Einbau Luftwärmepumpe (LWP) mit Zwischenspeicher**

Verweise: ENEV Neu, Modernisierungsberechnung Variante 1, Kombitabelle, Übersicht,  
Grafik "vorher/nachher" und "Verluste nach Modernisierung", Beratungsbericht (III.)

#### **1.3.2 Heizung: Erneuerung der Heizung beibehaltung Energieart**

##### **Austausch von Heizkessel und Brenner als modulierendes Brennwertgerät**

Verweise: Modernisierungsberechnung Variante 1a, Übersicht, Beratungsbericht (III.)

#### **1.3.3 Heizung: Erneuerung der Heizung mit Wechsel der Energieart**

##### **Pellettsheizung als modulierendes Brennwertgerät**

Verweise: Beratungsbericht (III.)

#### **1.3.4 Heizstränge**

##### **Prüfung und ggf. Verbesserung der Dämmung der Heizleitungen und Übergänge gemäß ENEV**

Verweise: Beratungsbericht (III.)

#### **1.3.4 Heizkörperregelung**

##### **Austausch der Thermostatventile mind. 1K**

Verweise: ENEV Neu, Beratungsbericht (III.)

#### **1.3.5 Heizkörperaustausch bei LWP**

##### **Raumweise Überprüfung der Heizkörperdimensionierung**

Verweise: Heizlast Neu, Beratungsbericht (III.)

## **1.4 Verbesserung der Warmwasserbereitung**

### **1.4.1 Zentrale Warmwasserbereitung**

**Einbau eines neuen indirekt beheizter WW-Speicher**

Verweise: ENEV Neu, Modernisierungsberechnung Variante 1+1a, Kombitabelle, Übersicht,  
Grafik "vorher/nachher" und "Verluste nach Modernisierung", Beratungsbericht (III.)

### **1.4.2 Solarunterstützung**

**WW-Bereitung über Solarthermieanlage  
mit Solarkollektoren auf dem Süddach (Straßenseite)  
und größer ausgelegten WW-Speicher  
ggf. mit Unterstützung des Heizsystemes**

Verweise: Beratungsbericht (III.)

## **1.5 Maßnahmenpaket Variante 1**

### **1.1.1 Außenwand: Vorderfront rechts**

**2-schaliges Mauerwerk mit Kerndämmung**

### **1.1.2 Außenwand: Giebel und Rückfront**

**Schiefervorhangschale mit hinterlüfteter Dämmung**

### **1.1.3 Fenster: Teilaustausch**

**Kunststofffenster mit Wärmedämmverglasung**

### **1.3.1 Heizung: Erneuerung der Heizung mit Wechsel der Energieart**

**Einbau Luftwärmepumpe (LWP) mit Zwischenspeicher**

### **1.4.1 Zentrale Warmwasserbereitung**

**Einbau eines neuen indirekt beheizter WW-Speicher**

Verweise: Heizlast Neu, ENEV Neu, Modernisierung Varianten 1-4 Kombi 1, Kombitabelle, Übersicht,  
Grafik "vorher/nachher" und "Verluste nach Modernisierung", Beratungsbericht (III.)

## U-Wertverbesserung

Bauteil: **W3**  
Vorderfront links

U-Wert vorh. **1,456** W/(m<sup>2</sup> K)  
RT 0,687 m<sup>2</sup>K/W

### Zusatzmaßnahme

Stärke 14 cm  
Material WDVS-Polystypor  
Lamda 0,035 W/mK  
R 4,000 m<sup>2</sup>K/W

Stärke 1,5 cm  
Material Strukturputz mit Gewebe  
Lamda 0,7 W/mK  
R 0,021 m<sup>2</sup>K/W

neuer RT 4,708 m<sup>2</sup>K/W  
neuer U-Wert **0,212** W/(m<sup>2</sup> K)  
U-Wertverbesserung 1,244 W/(m<sup>2</sup> K)  
in % 686%

## U-Wertverbesserung

Bauteil: **W4**  
Vorderfront rechts

U-Wert vorh. **1,712** W/(m<sup>2</sup> K)  
RT 0,584 m<sup>2</sup>K/W

### Zusatzmaßnahme

Stärke 14 cm  
Material WDVS-Polystypor  
Lamda 0,035 W/mK  
R 4,000 m<sup>2</sup>K/W

Stärke 1,5 cm  
Material Strukturputz mit Gewebe  
Lamda 0,7 W/mK  
R 0,021 m<sup>2</sup>K/W

neuer RT 4,606 m<sup>2</sup>K/W  
neuer U-Wert **0,217** W/(m<sup>2</sup> K)  
U-Wertverbesserung 1,495 W/(m<sup>2</sup> K)  
in % 788%

# Bewertung von Modernisierungsmaßnahmen

Variante 1 Erneuerung der Kesselanlage  
 gewählt: WPL 23 mit WW-Aufbereitung indirekt beheizt  
 Vorlauf 50°C

Die vorhandenen Heizkörper vom Fachunternehmer zu prüfen, ob die für die Beheizung ausreichend sind.

max. Vorlauftemperatur 55°C

Kesselleistung neu 7,5-23KW&8,8KW Zusatzheizung

"Normnutzungsgrad" des neuen Luftwärmepumpe 1KW Strom bringt 3,3 KW Leistung

$\eta_{a=}$  225,0% nach Herstellerangaben bzw. Tabelle VDI 2067, Blatt 1  
 0% Abweichung von Normbedingung  
 $\eta_{a=}$  225%  
 $Q_{HK}+Ba_{,WW} =$  21976 kWh/a  
 $Ba_{, alt gesamt} =$  33184 kWh/a

## Mögliche Energieeinsparung durch die Kesselerneuerung

$$\eta_{a,neu} = \frac{Q_{HK}+Ba_{,WW}}{Ba_{, neu}} \cdot 100\%$$

$$Ba_{, neu} = \frac{Q_{HK}+Ba_{,WW}}{\eta_{a,neu}} = \frac{21976 \text{ kWh/a}}{225\%} = 9767 \text{ kWh/a}$$

## Ermittlung der möglichen Energieeinsparung

$$E = Ba_{, alt} - Ba_{, neu} = 33184 \text{ kWh/a} - 9767 \text{ kWh/a} = 23417 \text{ kWh/a}$$

$$d_E = \frac{E}{Ba_{, alt}} \cdot 100\% = \frac{23417 \text{ kWh/a}}{33184 \text{ kWh/a}} \cdot 100\%$$

$$d_E = 70,57\%$$

Mit dem Austausch der Kesselanlage kann man bei gleichem Nutzerverhalten eine Energieeinsparung von 70 % erreichen !

E-kosten alt= 33184 kWh/a 0,058 € 1.924,67 €  
 E-kosten neu= 9767 kWh/a 0,140 € 1.367,40 €  
 Einsparung  $E_k =$  1925 kWh/a -1367,396 €/ kWh= 557,28 € /a

Es können ~ 560,-€ pro Jahr eingespart werden.

Nutzungsdauer 20,00 Jahre Zinsen 3% KFW-Kredit

Annuität  $A =$  25.000,00 € \* 6,72% = 1.680,39 € /a

Amortisation = eingesetztes Kapital / Energieeinsparung

$t_A =$  25.000,00 € / 557,28 €/a= 44,86 Jahre

Die Nutzdauer ist kürzer als die Amortisationszeit. Es können aber 'sowieso-Kosten' abgezogen werden.

Heizöl	LWP mit Strommix
bisher CO <sub>2</sub>	nachher CO <sub>2</sub>
33184 kWh/a -	9767 kWh/a -
0,0266 kg/kWh/10 <sup>3</sup>	0,0258 kg/kWh/10 <sup>3</sup>
8,83 t/a	2,52 t/a

Emissionseinsparung			Brennstoffeinsparung		
SO <sub>2</sub>	Nox	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> bei	Energieträger :	Strom
1,8 mg/kWh/10 <sup>6</sup>	80 mg/kWh/10 <sup>6</sup>	0,0258 kg/kWh/10 <sup>3</sup>	271,90 m <sup>2</sup>	Umrechnungsfaktor	1
0,042 kg/a	1,87 kg/a	6,31 t/a	23,20 kg /m <sup>2</sup> a		23417 kWh/a

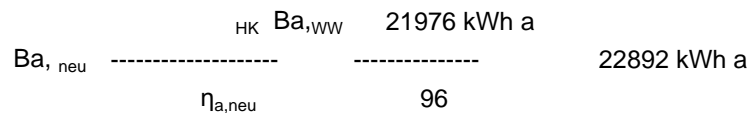
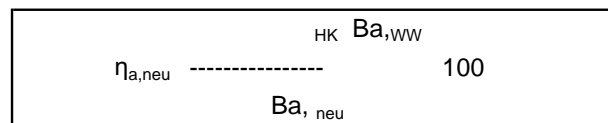
# Bewertung von Modernisierungsmaßnahmen

Variante 1A Erneuerung der Kesselanlage  
 gewählt: I-Brennwertkessel  
 mit WWV-Aufbereitung indirekt beheizt

Rücklauftemperatur 50  
 Kesselleistung neu 25 kW

$\eta_a$  97,0 nach Herstellerangaben bzw. Tabelle VDI 2067, Blatt 1  
 1 Abweichung von Normbedingung  
 $\eta_a$  96  
 $Ba_{HK, WW}$  21976 kWh a  
 $Ba_{alt, gesamt}$  33184 kWh a

Mögliche Energieeinsparung durch die Kesselerneuerung



Ermittlung der möglichen Energieeinsparung

$E = Ba_{alt} - Ba_{neu}$   
 $E = 33184 \text{ kWh a} - 22892 \text{ kWh a}$   
 $E = 10292 \text{ kWh a}$   
 $d_E = \frac{E}{Ba_{alt}} = \frac{10292 \text{ kWh a}}{33184 \text{ kWh a}} = 0,3102$

Mit dem Austausch der Kesselanlage kann man bei gleichem Nutzer erhalten eine Energieeinsparung von 31,02% erreichen

E-kosten alt	33184 kWh a	0,058	1.924,67
E-kosten neu	22892 kWh a	0,058	1.327,72
Einsparung $E_k$	1925 kWh a	-1327,717 kWh	596,96 a

Es können 600,- pro Jahr eingespart werden.  
 Nutzungsdauer 20,00 Jahre Zinsen 4,5 % K W-Kredit  
 Annuität A 8.000,00 7,69 615,01 a  
 Amortisation eingesetztes Kapital Energieeinsparung  
 tA 8.000,00 596,96 a 13,40 Jahre

Die Nutzungsdauer ist länger als die Amortisationszeit.

Heizöl

bisher	nachher
33184 kWh a	22892 kWh a
0,0266 kg kWh 10 <sup>3</sup>	0,0266 kg kWh 10 <sup>3</sup>
8,83 t a	6,09 t a

Emissionseinsparung			Brennstoffeinsparung		
S <sub>2</sub>	No	2	2 m bei	Energieträger :	Heizöl
3,06 mg kWh 10 <sup>6</sup>	173 mg kWh 10 <sup>6</sup>	0,0266 kg kWh 10 <sup>3</sup>	271,90 m	Umrechnungsfaktor	10
0,019 kg a	0,82 kg a	2,74 t a	10,07 kg m a		1029,23 l

## Bewertung on bautechnischen Modernisierungsmaßnahmen

### Ausgangssituation

	Haustyp	2 Familienhaus	
	Baujahr	1960	
	Innentemperatur	20 K	
	Außentemperatur	-10 K	
$\Delta\Theta$	Temperaturdifferenz	30 K	
$b_{HW}$	Betriebsbereitschaftszeit	8760 h a	
	Beheizte Fläche	271,90 m <sup>2</sup>	188,73 m <sup>2</sup>
$\Phi_{HL,alt}$	Heizlast Ermittlung s. Formblatt R	27,0 kW	

### Bauteil A

fenster <sub>alt</sub>	Kunststofffenster mit Isolierverglasung
$U_{alt}$	2,50 W/m <sup>2</sup> K
$A_{W,alt}$	8,87 m <sup>2</sup>
fenster <sub>neu</sub>	Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung
$U_{neu}$	1,30 W/m <sup>2</sup> K
$b_u f_k$	1,0

### Bauteil B

W3

Wand <sub>alt</sub>	Mauerwerk WDVS
$U_{alt}$	1,712 W/m <sup>2</sup> K
$A_{W,alt}$	106,43 m <sup>2</sup>
Wand <sub>alt</sub>	Wärmedämmung
$U_{neu}$	0,217 W/m <sup>2</sup> K
$b_u f_k$	1,0

### Bauteil

Wand <sub>alt</sub>	Wand WDVS
$U_{alt}$	1,712 W/m <sup>2</sup> K
$A_{W,alt}$	0,00 m <sup>2</sup>
Wand <sub>alt</sub>	Wärmedämmung
$U_{neu}$	0,217 W/m <sup>2</sup> K
$b_u f_k$	1,00

$\eta_{a,alt}$	Wärmenutzungsgrad	66,2
$\eta_k$	Kesselwirkungsgrad	87,7
	Wärmeerzeugungslast	39,9 kW
$B$	Betriebsbereitschaftsverluste	2,5
Ba	Wärmeenergieverbrauch <sub>alt</sub>	33184 kWh a
$HK_{alt}$	Wärmeheizarbeit Kesselanlage alt	21976 kWh a

Variante 2 ensteraustausch

Schritt 1 -Wert erbesserung in

$$\frac{\Phi_{HL,alt} - \Phi_{HL,neu}}{\Phi_{HL,alt}} = \frac{2,5 \text{ W m k} - 1,3 \text{ W m k}}{2,5 \text{ W m k}} = \frac{1,2}{2,5} = 0,48 = 48,0\%$$

Schritt 2 Ermittlung der neuen Heizlast

$$\Phi_{HL,neu} = \Phi_{HL,alt} \cdot \frac{\Delta \Theta_{neu}}{\Delta \Theta_{alt}} \cdot \frac{A_{neu}}{A_{alt}} = 27,0 \text{ kW} \cdot \frac{30 \text{ K}}{30 \text{ K}} \cdot \frac{8,87 \text{ m}^2}{8,87 \text{ m}^2} = 27,0 \text{ kW}$$

Schritt 3 Heizlastreduzierung in HLR

$$HLR = \frac{\Phi_{HL,alt} - \Phi_{HL,neu}}{\Phi_{HL,alt}} = \frac{27,0 \text{ kW} - 26,7 \text{ kW}}{27,0 \text{ kW}} = \frac{0,3}{27,0} = 0,011 = 1,1\%$$

Schritt 4 ahrsnutzungsgrad der bestehenden Kesselanlage nach der bautechnischen Modernisierungsanlage

$$\eta_{a,neu} = \frac{1 - HLR}{1 - \frac{b_h}{B}} = \frac{1 - 0,011}{1 - \frac{0,025}{0,012}} = \frac{0,989}{1 - 2,083} = \frac{0,989}{-1,083} = -0,913$$

Schritt 5 Ermittlung der möglichen Energieeinsparung

$$E_{Ba,alt} = \frac{33184 \text{ kWh a}}{\eta_{a,neu}} = \frac{33184 \text{ kWh a}}{0,660} = 50279 \text{ kWh a}$$

$$E = 287 \text{ kWh a}$$

$$d_E = \frac{E}{E_{Ba,alt}} = \frac{287 \text{ kWh a}}{50279 \text{ kWh a}} = 0,0057 = 0,57\%$$

Einsparung  $E_k$  287 kWh a 0,058 kWh 16,49 a

Es können 20,- pro ahr eingespart werden.

Nutzungsdauer 25,00 ahre Zinsen 3

Annuität A 4.346,30 5,74 249,60 a

Amortisation eingesetztes Kapital Energieeinsparung

tA 4.346,30 16,49 a 263,58 ahre

Die Nutzdauer ist kürzer als die Amortisationszeit. Es können aber sowieso-Kosten abgezogen werden.

Emissionseinsparung			Brennstoffeinsparung		
S <sub>2</sub>	No	2	2 m bei	Energieträger :	Erdöl
1,8 mg kWh 10 <sup>6</sup>	80 mg kWh 10 <sup>6</sup>	0,0258 kg kWh 10 <sup>3</sup>	271,90 m	mrechnungsfaktor	10,01
0,001 kg a	0,02 kg a	0,07 t a	0,27 kg m a		2868,81 l

Variante 3

Mauerwerk WDVS

Schritt 1

-Wert erbesserung in

$$\frac{W_{alt} - W_{neu}}{W_{alt}} = \frac{1,71 \text{ W m k} - 0,22 \text{ W m k}}{1,71 \text{ W m k}} = 100 \quad \frac{100}{100} = 87,3$$

Schritt 2

Ermittlung der neuen Heizlast

$$\Phi_{HL,neu} = \Phi_{HL,alt} - \frac{W_{alt} - W_{neu}}{1000 \text{ W KW}} \cdot A_W \cdot \Delta \Theta \cdot b_u$$

$$\Phi_{HL,neu} = 27,0 \text{ kW} - \frac{1,71 \text{ W m k} - 0,22 \text{ W m k}}{1000 \text{ W KW}} \cdot 106,43 \text{ m} \cdot 30 \text{ K} \cdot 1,0 = 22,2 \text{ kW}$$

$$\Delta KW_{Wand,alt neu} = 4,8 \text{ kW}$$

Schritt 3

Heizlastreduzierung in HLR

$$HLR = \frac{\Phi_{HL,alt} - \Phi_{HL,neu}}{\Phi_{HL,alt}} = \frac{27,0 \text{ kW} - 22,2 \text{ kW}}{27,0 \text{ kW}} = 100 \quad \frac{100}{100} = 17,7$$

Schritt 4

ahresnutzungsgrad der bestehenden Kesselanlage nach der bautechnischen Modernisierungsanlage

HLR

$$\eta_{a,neu} = \left( \frac{b_H}{1 - B} \right) \cdot \eta_k \cdot \left( \frac{8.760 \text{ h a} \cdot 39,9 \text{ kW} \cdot 0,025}{33.184 \text{ kWh a} \cdot (1 - 0,177)} \right) \cdot (1 - 0,025) = 0,877$$

$$\eta_{a,neu} = 61,2 \quad \eta_{a,alt} = 66,2$$

Schritt 5

Ermittlung der möglichen Energieeinsparung

$$E_{Ba,alt} = \frac{HK_{alt} \cdot 1-HLR}{\eta_{a,neu, nach\ bautechnischer\ Ma\ nahme}} = \frac{21.976 \text{ kWh a} \cdot 1-0,177}{0,612} = 3631 \text{ kWh a}$$

$$d_E = \frac{E}{Ba_{alt}} = \frac{3631 \text{ kWh a}}{33184 \text{ kWh a}} = 10,94$$

Einsparung  $E_k$  3631 kWh a 0,058 kWh 208,93 a

Es können 210,- pro ahr eingespart werden.

Nutzungsdauer 30,00 ahre Zinsen 3

Annuität A 10.643,00 5,10 543,00 a

Amortisation eingesetztes Kapital Energieeinsparung

tA 10.643,00 208,93 a 50,94 ahre

Die Nutzungsdauer ist kürzer als die Amortisationszeit. Es können aber sowieso-Kosten abgezogen werden.

Emissionseinsparung			Brennstoffeinsparung		
S <sub>2</sub>	No	z	z m bei	Energieträger :	Erdöl
1,8 mg kWh 10 <sup>6</sup>	80 mg kWh 10 <sup>6</sup>	0,0258 kg kWh 10 <sup>3</sup>	271,90 m	mrechnungsfaktor	10,01
0,007 kg a	0,29 kg a	0,94 t a	3,45 kg m a		36349,38 l



## Kombitabelle

Technik		$\eta_{a,neu} = 225\%$		Investionskosten = 25.000,00 €			
V1 x	V1 LWP	7,5-23KW&8,8l 70,6%	$\Delta$ KW Bauteil,alt/neu	Fläche	Herstellkosten/m <sup>2</sup>	$\Delta$ KW Bauteil,alt/neu ausgewählte Bauteile	Herstellkosten
Bauteil		U-Wert	Verbesserung in %				
V2 x	V2 Fenster	48,0%	0,32 kW	8,87 m <sup>2</sup>	490,00 €/m <sup>2</sup>	0,32 kW	4.346,30 €
V3 x	V3 Wand WDV	87,3%	4,77 kW	106,43 m <sup>2</sup>	100,00 €/m <sup>2</sup>	4,77 kW	10.643,00 €
V4	V4	87,3%	0,00 kW	0,00 m <sup>2</sup>	100,00 €/m <sup>2</sup>		8.765,77 €
V5	V5	100,0%	0,00 kW	0,00 m <sup>2</sup>	40,00 €/m <sup>2</sup>		
V6	weitere Bauteile	100,0%	0,00 kW	0,00 m <sup>2</sup>	40,00 €		
$\Sigma \Delta$ KW Bauteil,alt/neu Investionskosten 5,09 kW 14.989,30 €							

# Kombiantion : V1 LWP, V2 enster, V3 Wand WDVS, Ermittlung der neuen Norm-Heizlast

$$\Phi_{HL,neu} = \Phi_{HL,alt} - \sum \Delta KW_{-gew. Bauteile}$$

nach der Kombiannahme

$$\Phi_{HL,neu} = 27,00 \text{ kW} - 5,09 \text{ kW} = 21,91 \text{ kW}$$

nach der Kombiannahme

Heizlastreduzierung in HLR

$$HLR = \frac{\Phi_{HL,alt} - \Phi_{HL,neu}}{\Phi_{HL,alt}} \cdot 100 = \frac{27,00 \text{ kW} - 21,91 \text{ kW}}{27,0 \text{ kW}} \cdot 100 = 18,9$$

## Ermittlung der möglichen Energieeinsparung mit Heizungsaustausch

$$E_{Ba,alt} = \frac{HK_{alt} \cdot 1-HLR}{\eta_{a,neu}}$$

nach bautechnischer Maßnahme

$33184 \text{ kWh a} - \frac{21.976 \text{ kWh a} \cdot 1-0,189}{2,250}$

$$E = 25263 \text{ kWh a}$$

$$d_E = \frac{E}{Ba_{alt}} = \frac{25263 \text{ kWh a}}{33184 \text{ kWh a}} \cdot 100 = 76,13$$

$$d_E = 76,13$$

Mit dem Austausch der Kesselanlage kann man bei gleichem Nutzer erhalten eine Energieeinsparung von 76 erreichen

E-kosten alt	33184 kWh a	0,058	1.924,67
E-kosten neu	7921 kWh a	0,140	1.108,96
Einsparung $E_k$	1925 kWh a	1108,958 kWh	815,71 a

Es können 820,- pro Jahr eingespart werden.

Nutzungsdauer	25,00 Jahre	Zinsen	3 K W-Kredit
Annuität A	39.989,30	5,74	2.296,50 a
Amortisation	eingesetztes Kapital Energieeinsparung		
tA	39.989,30	815,71 a	49,02 Jahre

Die Nutzungsdauer ist kürzer als die Amortisationszeit. Es können aber sowieso-Kosten abgezogen werden.

Heizöl		LWP mit Strom	
bisher	2	nachher	2
33184 kWh a -		7921 kWh a -	
0,0266 kg kWh 10 <sup>3</sup>		0,0258 kg kWh 10 <sup>3</sup>	
8,83 t a		2,04 t a	

Emissionseinsparung				Brennstoffeinsparung	
S <sub>2</sub>	No	2	2 m bei	Energieträger :	Strom
1,8 mg kWh 10 <sup>6</sup>	80 mg kWh 10 <sup>6</sup>	0,0258 kg kWh 10 <sup>3</sup>	271,90 m	mrechnungsfaktor	1
0,045 kg a	2,02 kg a	6,78 t a	24,95 kg m a		25263 kWh a

## Kombitabelle

V1a	technik I-Brennwert	25 kW	31,0	$\eta_{a,neu}$	96	$\Delta$ KW Bauteil,alt neu	Fläche	Herstellkosten m	In estionskosten	8.000,00
Bauteil		-Wert Verbesserung in		$\Delta$ KW Bauteil,alt neu	läche	Herstellkosten m		$\Delta$ KW Bauteil,alt neu ausgewählte Bauteile	Herstellkosten	
V2	V2 enster	48,0		0,32 kW	8,87 m	490,00 m		0,32 kW	4.346,30	3.453,24
V3	V3 Wand WDV	87,3		4,77 kW	106,43 m	100,00 m		4,77 kW	10.643,00	6.960,00
V4	V4	87,3		0,00 kW	0,00 m	100,00 m				8.765,77
V5	V5	100,0		0,00 kW	0,00 m	40,00 m				
V6	weitere Bauteile V6	100,0		0,00 kW	0,00 m	40,00				
$\Sigma \Delta$ KW										
Bauteil,alt neu										In estionskosten
5,09 kW										14.989,30

# Kombiantion : Öl-Brennwert, V2 Fenster, V3 Wand WDVS, Ermittlung der neuen Norm-Heizlast

$$\Phi_{HL,neu} = \Phi_{HL,alt} - \Sigma \Delta KW_{-gew. Bauteile}$$

nach der Kombimaßnahme

$$\Phi_{HL,neu} = 27,00 \text{ kW} - 5,09 \text{ kW} = 21,91 \text{ kW}$$

nach der Kombimaßnahme

Heizlastreduzierung in % HLR

$$HLR = \frac{\Phi_{HL,alt} - \Phi_{HL,neu}}{\Phi_{HL,alt}} * 100\% = \frac{27,00 \text{ kW} - 21,91 \text{ kW}}{27,0 \text{ kW}} * 100\% = 18,9\%$$

Ermittlung der möglichen Energieeinsparung mit Heizungsaustausch

$$E = Ba_{,alt} - \frac{Q_{HK,alt} * (1-HLR)}{\eta_{a,neu, \text{ nach bautechnischer Maßnahme}}} = 33184 \text{ kWh/a} - \frac{21.976 \text{ kWh/a} * (1-0,189)}{0,960}$$

$$E = 14619 \text{ kWh/a}$$

$$d_E = \frac{E}{Ba_{,alt}} * 100\% = \frac{14619 \text{ kWh/a}}{33184 \text{ kWh/a}} * 100\%$$

$$d_E = 44,05\%$$

Mit dem Austausch der Kesselanlage kann man bei gleichem Nutzerverhalten eine Energieeinsparung von 44 % erreichen !

E-kosten alt=	33184 kWh/a	0,058 €	1.924,67 €
E-kosten neu=	18565 kWh/a	0,058 €	1.076,78 €
Einsparung E <sub>k</sub> =	1925 kWh/a	-1076,78 €/ kWh=	847,89 € /a

Es können ~ 850,--€ pro Jahr eingespart werden.

Nutzungsdauer 25,00 Jahre Zinsen 4,5% KFW-Kredit

Annuität A= 22.989,30 € \* 6,74% = 1.550,38 € /a

Amortisation = eingesetztes Kapital / Energieeinsparung

tA= 22.989,30 € / 847,89 €/a= 27,11 Jahre

Die Nutzungsdauer ist kürzer als die Amortisationszeit. Es können aber 'sowieso-Kosten' abgezogen werden.

Heizöl

bisher CO <sub>2</sub>	nachher CO <sub>2</sub>
33184 kWh/a -	18565 kWh/a -
0,0266 kg/kWh/10 <sup>3</sup>	0,0266 kg/kWh/10 <sup>3</sup>
8,83 t/a	4,94 t/a

Emissionseinsparung			Brennstoffeinsparung		
SO <sub>2</sub>	Nox	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> bei	Energieträger :	Strom
3,06 mg/kWh/10 <sup>6</sup>	173 mg/kWh/10 <sup>6</sup>	0,0266 kg/kWh/10 <sup>3</sup>	271,90 m <sup>2</sup>	Umrechnungsfaktor	10
0,045 kg/a	2,53 kg/a	3,89 t/a	14,30 kg /m <sup>2</sup> a		1461,89 l

Kompakte Übersicht

Objekt :

**Wirtschaftliche Bewertung der Verbesserungsmaßnahmen**

Energiepreis

5,75 ct/kWh

Zinssatz 5,0%

**Erneuerung des Kessels ohne zusätzliche bautechnische Maßnahmen**

Bauteil	Herstellkosten	E	dE	Ersparnis/a	CO <sub>2</sub> Emissionsminderung	CO <sub>2</sub> Emissionsminderung pro m <sup>2</sup>	Nutzungsdauer	Annuität	Energieminderungskosten	mögliche Förderprogramme
V1 LWP	25.000,00 €	23417 kWh/a	70,57%	269,46 €/a**	6307,03 kg/a	23,20 kg /m <sup>2</sup> a	20 a	1680,39 €/a*	7,2 ct/kWh*	100% / 20a / 10a fest
erneubare Energien z.B. Luft-Wärmepumpe.				1.347,31 €				2006,06 €/a	8,6 ct/kWh	KFW-Ökoplus
V1a Brennwert Öl	8.000,00 €	10292 kWh/a	31,02%	118,43 €/a**	2740,00 kg/a	14,49 kg /m <sup>2</sup> a	20 a	537,73 €/a*	5,2 ct/kWh*	100% / 20a / 10a fest
				592,16 €	Weitere Förderungen für Solarthermie etc. möglich.			641,94 €/a	6,2 ct/kWh	KFW-Ökoplus

**Bautechnische Maßnahmen bei Betrieb mit vorhandener Kesselanlage**

Bauteil	Herstellkosten	E	dE	Ersparnis/a	CO <sub>2</sub> Emissionsminderung	CO <sub>2</sub> Emissionsminderung pro m <sup>2</sup>	Nutzungsdauer	Annuität	Energieminderungskosten	mögliche Förderprogramme
V2 Fenster	4.346,30 €	287 kWh/a	0,86%	3,30 €/a**	73,94 kg/a	0,27 kg /m <sup>2</sup> a	25 a	249,60 €/a*	87,1 ct/kWh*	100% / 20a / 10a fest
				16,49 €				308,38 €/a	107,6 ct/kWh	KFW-Ökoplus
V3 Wand WDVS	10.643,00 €	3631 kWh/a	10,94%	41,79 €/a**	936,88 kg/a	3,45 kg /m <sup>2</sup> a	30 a	543,00 €/a*	15,0 ct/kWh*	100% / 20a / 10a fest
				208,93 €				692,34 €/a	19,1 ct/kWh	KFW-Ökoplus

**Kombinierte Maßnahmen**

Bauteil	Herstellkosten	E	dE	Ersparnis/a	CO <sub>2</sub> Emissionsminderung	CO <sub>2</sub> Emissionsminderung pro m <sup>2</sup>	Nutzungsdauer	Annuität	Energieminderungskosten	mögliche Förderprogramme
Heizung LWP, Fenster vorne, Wand WDVS				290,71 €/a**				2297,11 €/a*	9,1 ct/kWh*	100% / 20a / 10a fest
Kombi 1	40.000,00 €	25263 kWh/a	76,13%	1.453,53 €	6780,00 kg/a	24,95 kg /m <sup>2</sup> a	25 a	2838,10 €/a	11,2 ct/kWh	KFW-CO <sub>2</sub> MP4 2,9%
Heizung Ölbrennwert, Fenster vorne, Wand WDVS				168,22 €/a**				1320,84 €/a*	9,0 ct/kWh*	100% / 20a / 10a fest
Kombi 2	23.000,00 €	14619 kWh/a	44,05%	841,12 €	3890,00 kg/a	14,30 kg /m <sup>2</sup> a	25 a	1631,91 €/a	11,2 ct/kWh	KFW-Ökoplus

Die LWP kann nur in der Kombimaßnahme ausgeführt werden, da sonst die erforderliche Leistung nicht erreicht wird und im ENEV Nachweis nicht die CO<sub>2</sub> Reduzierung von 40kg/m<sup>2</sup> a erreicht wird um Mittel aus den KFW-CO<sub>2</sub>-Förderprogramm zu erhalten. Die genaue Auslegung der LWP obliegt der Fa. Stiebel Eltron.  
Je nach Sachstand muss diese Tabelle angepasst werden.

\*\* =zusätzliche Ersparnis bei 20% Preisteigerung

\* =Änderung bei geringeren Zinssatz z.B. durch KfW-Mittel 3,00%

Finanzierungsdeckungsanteil der Herstellkosten / Kreditlaufzeit / Zinsschreibung = obere Zeile  
Förderprogramm / Paket NR. / eff. Zins = untere Zeile

Formblatt R - vereinfachtes Verfahren

Projekt-Nr. Bezeichnung																			
<b>Raum-Heizlast</b>																			
Seite R 1																			
Wohneneinheit										Geschoss					Raum-Nr. Name				
Innentemperatur										$\theta_{int}$ 20					Mindest-Luftwechsel $n_{min}$ 0,6 h <sup>-1</sup>				
<b>Geometrie</b>																			
Raumbreite										$b_R$					<b>Temperatur-Reduktionsfaktor</b> $f_{\Delta\theta}$				
Raumlänge										$l_R$					<b>Zusatzheizung</b>				
Raumfläche										$A_R$ 0,00 m					Wiederaufheizfaktor $f_{RH}$				
Geschosshöhe										$h_G$ 0,00 m									
Deckendicke										$d$									
Raumhöhe										$H_R$									
Raumvolumen										$V_R$ 652 m									
Einheit	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge	Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	Temperatur-Reduktionsfaktor	Temperatur-Korrekturfaktor	Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter Wert	Wärme erlust-Koeffizient	transmissions-Wärme erlust				
		n	b	l	h	A <sub>Brutto</sub>	A <sub>Abzug</sub>	A <sub>Netto</sub>	$f_{\Delta\theta}$	$f_k$		$\Delta_{WB}$		H	$\Phi$				
			m			m			-	-		W m K		W K	W				
<b>Haupthaus</b>																			
W	W1	Gaubenseitenwangen						12,6	1	1,0	0,417	0,1	0,517	6,514	195	25,08			
N	W2	Gaubenfront						7,943	1	1,0	1,640	0,1	1,740	13,821	415				
N	2	Gaubenfenster						4,84	1	1,0	2,500	0,1	2,600	12,584	378	24,90			
S	W3	Wand ohne links schon geklinkert						19,47	1	1,0	0,212	0,1	0,312	6,075	182				
S	3.1							3,81	1	1,0	1,300	0,1	1,400	5,334	160				
S	3.2	Haustür						4,52	1	1,0	2,500	0,1	2,600	11,752	353				
S	W4	Wand ohne rechts				0,035		23,85	1	1,0	0,217	0,1	0,317	7,560	227				
S	4							5,06	1	1,0	1,300	0,1	1,400	7,084	213				
W	W5	Giebel rechts				0,035	14cm	39,99	1	1,0	0,217	0,1	0,317	12,677	380				
W	5							1,94	1	1,0	2,500	0,1	2,600	5,044	151				
N	W6	Rückfront links				0,035	14cm	10,31	1	1,0	0,217	0,1	0,317	3,268	98				
N	6							3,41	1	1,0	2,500	0,1	2,600	8,866	266				
N	W7	Rückfront rechts				0,035	14cm	12,81	1	1,0	0,217	0,1	0,317	4,061	122				
N	7							2,54	1	1,0	2,500	0,1	2,600	6,604	198				
N	W8	Wintergarten außen						2,47	1	1,0	0,802	0,1	0,902	2,228	67				
N	8							11,53	1	1,0	2,500	0,1	2,600	29,978	899				
W	W9	Wintergarten zu unbeheizt						1,97	1	0,8	0,748	0,1	0,848	1,336	40				
W	9							6,43	1	0,8	2,500	0,1	2,600	13,374	401				
N	W10	Rückfront zum WG unb.						7,51	1	0,8	1,483	0,1	1,583	9,511	285				
N	10							3,41	1	0,8	2,500	0,1	2,600	7,093	213				
W	W11	Wintergarten zum Nachbarn						8,68	1	1,0	1,722	0,1	1,822	15,815	474				
W	W12	Wand zur Garage						25,72	1	0,8	1,623	0,1	1,723	35,452	1064				
W	12	ür						2,00	1	0,8	2,500	0,1	2,600	4,160	125				
W	W13	Nachbarwand innen						75,51	1	0,3	0,866	0,1	0,966	21,883	656	4,64			
l	B14	Kellerdecke						73,52	1	0,5	0,997	0,1	1,097	40,326	1210	9,29			
l	B15	WG Bodenplatte						20,00	1	0,5	0,250	0,1	0,350	3,500	105				
N	D16	Satteldach hinten						17,5	1	0,9	0,300	0,1	0,400	6,300	189	7,91			
S	D17	Satteldach ohne						41,62	1	0,9	0,300	0,1	0,400	14,983	449				
S	17	D ohne						2,16	1	1,0	2,500	0,1	2,600	5,616	168				
l	D18	Gaubendach						21,04	1	1,0	0,281	0,1	0,381	8,016	240				
l	D19	Wintergardendach						20	1	1,0	0,300	0,1	0,400	8,000	240				
transmissionswärme erlust															H $\Phi$	10164			
Mindest - Luftvolumenstrom										$V_{min}$ 391,08 m <sup>3</sup> h									
<b>Lüftungswärmeverlust</b>										$H_V \Phi_V$ 0,34 V min $\theta_{int}-\theta_e$					3989 28,18				
<b>Netto-Heizlast</b>										$\Phi_{HL, Netto}$					14153				
<b>Zusatz- Aufheizleistung</b>										$\Phi_{RH}$									
<b>Norm-Heizlast</b>										$\Phi_{HL}$					14153 100,00				



Objekt:  
Zeifamilienhaus

**ENEV: Vereinfachtes Nachweisverfahren für Gebäude mit  
normaler Innentemperatur (Wohngebäude)**

nach Modernisierung V1

Beheiztes Gebäudevolumen  $V_e = 652,00 \text{ m}^3$  ; Gebäudenutzfläche  $A_N = 0,32 * V_e = 208,6 \text{ m}^2$

Bauteil	Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	A	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Temperatur- korrekturfaktor $F_x$	Wärme- verlust $H_T = A * U * F_x$	Einheit	
Außenwand								
Gaubenseitenwangen	An Außenluft	12,60		0,417	1,00	5,25	W/K	W1
Gaubenfront	An Außenluft	7,94		1,640	1,00	13,02	W/K	W2
Wand vorne links	An Außenluft	19,47		1,456	1,00	28,35	W/K	W3
Wand vorne rechts	An Außenluft	23,85		0,281	1,00	6,70	W/K	W4
Giebel rechts	An Außenluft	39,99		0,253	1,00	10,12	W/K	W5
Rückfront links oben	An Außenluft	10,31		0,253	1,00	2,61	W/K	W6
Rückfront rechts oben	An Außenluft	12,81		0,253	1,00	3,24	W/K	W7
Wintergarten hinten	An Außenluft	2,47		0,802	1,00	1,98	W/K	W8
Wintergarten	gegen unbeheizt	1,97		0,748	0,50	0,74	W/K	W9
Rückfront links unten	gegen unbeheizt	7,51		1,483	0,50	5,57	W/K	W10
Wintergarten z. Nachbarn	gegen beheizt 8,68			1,722	0,00	0,00	W/K	W11
Wand zur Garage	gegen unbeheizt	25,72		1,623	0,50	20,87	W/K	W12
Giebel Nachbar	gegen beheizt 68,65			0,866	0,00	0,00	W/K	W13
	An Erdreich				0,60	0,00	W/K	
	An Anbauten				0,80	0,00	W/K	
Fenster								
Gaubenfenster	Nord	16,96		1,300	1,00	22,04	W/K	F2
vorne links	Süd	3,81		1,300	1,00	4,95	W/K	F3.1
vorne rechts	Süd	5,06		1,300	1,00	6,58	W/K	F4
Giebel rechts	Ost/West	1,94		1,300	1,00	2,52	W/K	F5
Rückfront links oben	Nord	3,41		2,500	1,00	8,53	W/K	F6
Rückfront rechts oben	Nord	2,54		2,500	1,00	6,35	W/K	F7
Wintergarten hinten	Nord	11,53		2,500	1,00	28,83	W/K	F8
WG gegen unbeheizt	Ost/West	6,43		2,500	0,50	8,04	W/K	F9
Rückfront links unten	Nord	3,41		2,500	0,50	4,26	W/K	F10
DF	Süd	2,16		2,500	1,00	5,40	W/K	F17
	Lichtsacht				1,00	0,00	W/K	
Haustüre								
VA	An Außenluft	4,52		2,500	1,00	11,30	W/K	F3.2
Tür zur Garage	gegen unbeheizt	2,00		2,500	0,50	2,50	W/K	F12
Dachgeschossdecke	An Dachraum				0,80	0,00	W/K	
Dachgeschossdecke	An gedämmtes Dach				0,50	0,00	W/K	
Dach Schräge hinten	An Außenluft	17,50		0,300	1,00	5,25	W/K	D16
Dach Schräge vorne	An Außenluft	41,62		0,300	1,00	12,49	W/K	D17
Dach der Gauben	An Außenluft	21,04		0,281	1,00	5,91	W/K	D18
Dach Wintergarten	An Außenluft	20,00		0,300	1,00	6,00	W/K	D19
Kellerdecke	Unbeheizt	73,64		0,997	0,60	44,05	W/K	B14
Bodenplatte im Keller	Erdreich				0,60	0,00	W/K	
Bodenplatte Wintergarten	Erdreich	20,00		0,250	0,60	3,00	W/K	B15
	Hüllfläche $\Sigma A$ :	<b>422,21</b>			$\Sigma A * U * F_x$	286,45	W/K	
Wärmebrückenzuschlag								
					$A * 0,1$	42,22	W/K	
Transmissionsverlust								
	$H_T =$ spezifisch				$\Sigma (A * U * F_x) + A * 0,1$	<b>328,67</b>	W/K	
	$Q_T =$ absolut				$66 * H_T$	21691,93	KWh/a	
Lüftungswärmeverlust								
	$H_V =$ spezifisch	ohne Prüfung	$N_{50} > 3,0 \text{ h}^{-1}$		$0,19 * V_e$	<b>123,88</b>	W/K	
		mit Prüfung	$N_{50} > 3,0 \text{ h}^{-1}$		$0,163 * V_e$	106,276	W/K	
	$Q_V =$ absolut				$66 * H_V$	<b>8176,08</b>	KWh/a	



**Objekt:**  
**Zeifamilienhaus**  
**Oberhauser Str. 76 in 45359 Essen**  
**nach Modernisierung V1**

**ENEV: Vereinfachtes Nachweisverfahren für Gebäude mit  
normaler Innentemperatur (Wohngebäude)**

Solare Wärmegewinne $s$	Orientierung	Fläche	Gesamtenergiedurchlassgrad $g$	Faktor für die Zustrahlung		
	NW bis N	34,44	0,64	100 0,567 g A	1250	KWh a
	S bis SW	15,55	0,64	270 0,567 g A	1524	KWh a
	ost und West	8,37	0,64	155 0,567 g A	471	KWh a
Bestand	ost und West		0,80	155 0,567 g A	0	KWh a
	Dachflächenfenster 30			225 0,567 g A	0	KWh a
				$\Sigma s$	3244	KWh a
Interne Wärmegewinne $i$	Absolut			$i$ 22 AN	4590	KWh a
Nutzbare Wärmegewinne $g$	Absolut			$g$ 0,95 $s$ $i$	7442	KWh a
Jahresheizwärmebedarf $h$	Absolut			$h$ - $g$	22426	KWh a
Jahresheizwärmebedarf $h$	Spezifisch $e$ m			$h$	<b>107,5</b>	KWh m a
Hüllflächenfaktor				$A V_e$	<b>0,65</b>	$m^{-1}$
Anlagenaufwandszahl $e_p$	Gem. DIN V 4701 Beiblatt 1: LWP, Wärmeübergabe: HK Kesselaufstellung: außen; emp. 55 50; W zentral; Solar nein; Lüftung nein; Pumpe geregelt				$e_p =$	<b>0,91</b>
Primärenergiebedarf $p$ inkl. 125 kWh m a für WW	vorhanden			$p$ orh. $e_p$ $h$ 12,5	109,2	KWh m a
	Zulässig	$p$ ,zul. 50,94	75,29 A $V_e$	2600 100 AN	<b>106,2</b>	KWh m a
		$p$ ,zul. 72,94	75,29 A $V_e$	WW elektr. DLE	121,7	KWh m a
	bei Bestand				148,65	KWh m a
Spezifisch, auf die Hüllfläche bezogener Transmissionswärmebedarf $H$	vorhanden	$H$ , orh. $H$ A			<b>0,778</b>	W m K
	Zulässig	$H$ ,zul. 0,3	0,15 A $V_e$		0,532	KWh m a
	bei Bestand	$H$ ,zul. 0,3	0,15 A $V_e$	1,4	<b>0,744</b>	KWh m a
Endenergiebedarf	Wärme	Erdgas Erdöl				
	Hilfenergie	Strom				

Nachweis nach ENEV erfüllt  
im Neubau  ja  nein

Im Bestand  ja  nein

**KfW - CO<sub>2</sub> Berechnung** gemäß dem technischen Merkblatt für das Maßnahmenpaket 4

$E_{nach}$   $h$   $f$   $f$  für Luftwärmepumpe 0,31 kg 2 kWh  
 $E_{nach}$  107,5 kWh m a 0,31 kg 2 kWh  
 $E_{nach}$  **33,32 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a**

$E_{or}$  **77,57 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a**  
 $E_{nach}$  **33,32 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a**

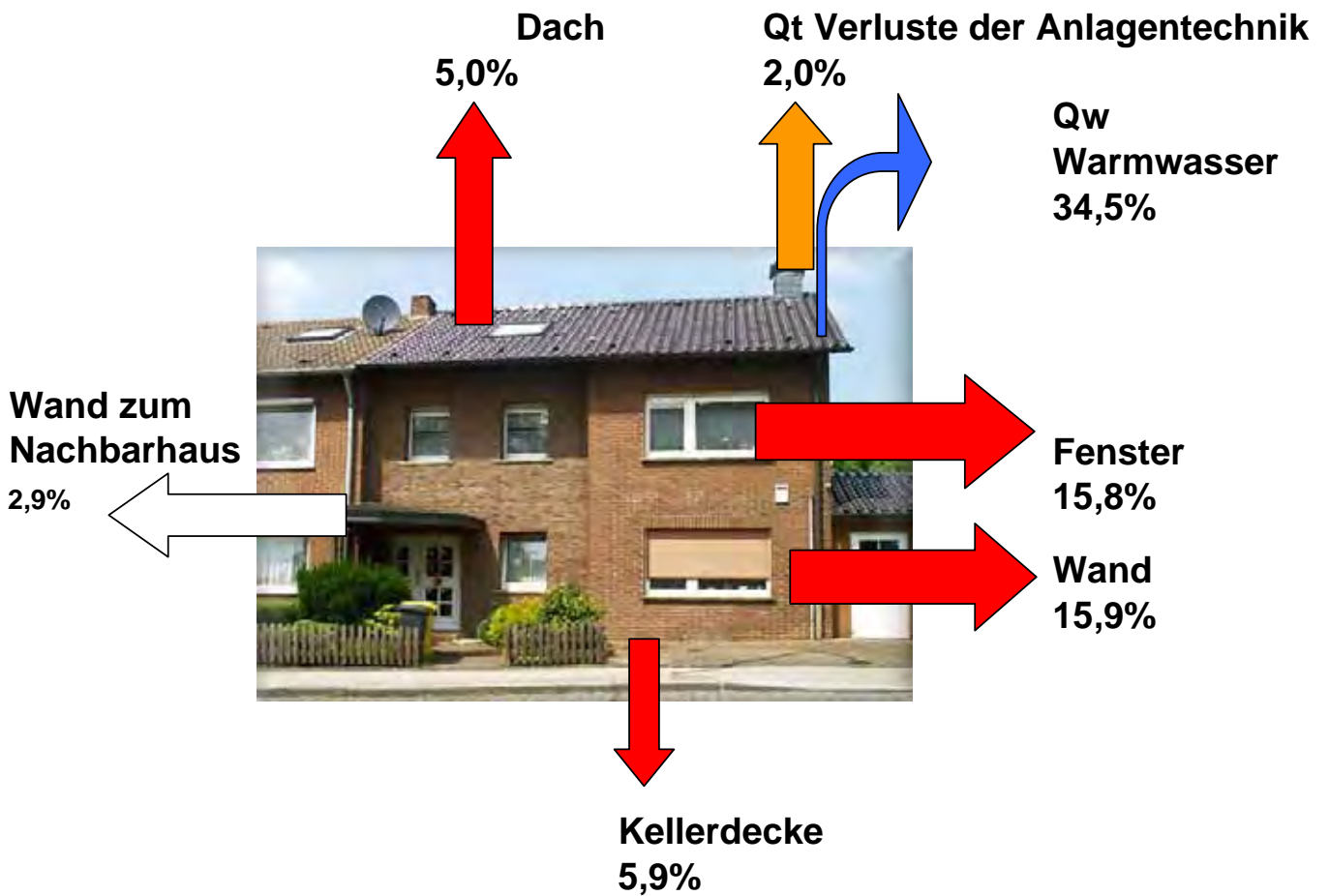
$\Delta E$  **44,25 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a**

Der geforderte Wert der 2-Reduktion wird überschritten: Eine Förderung aus dem Programm ist möglich



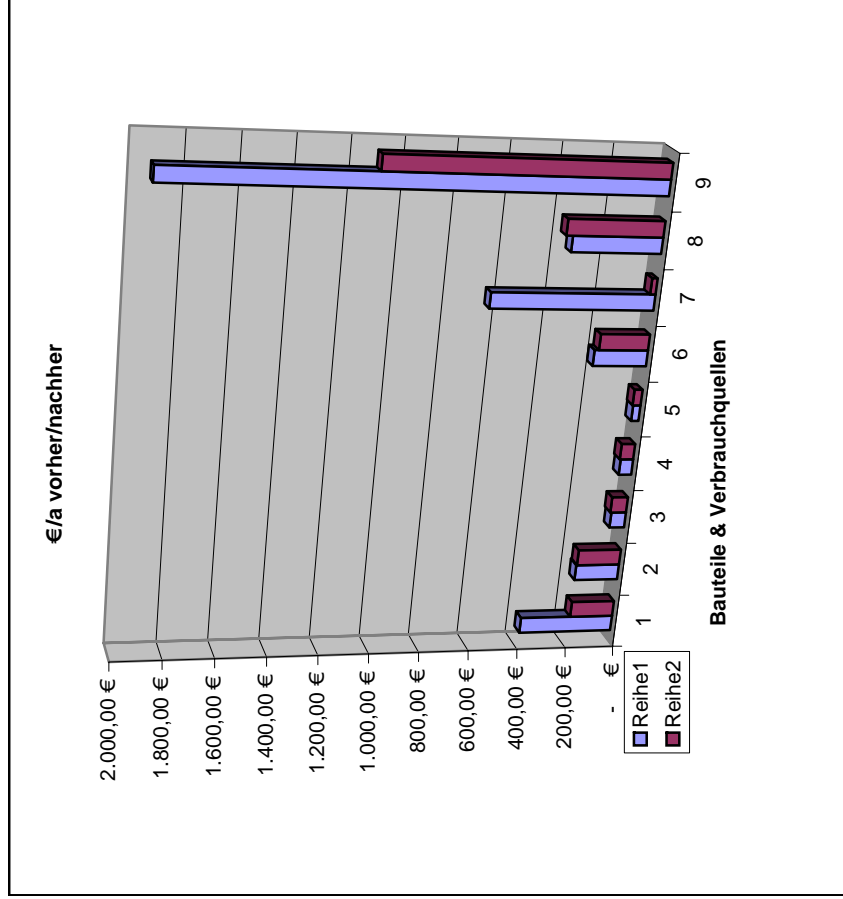
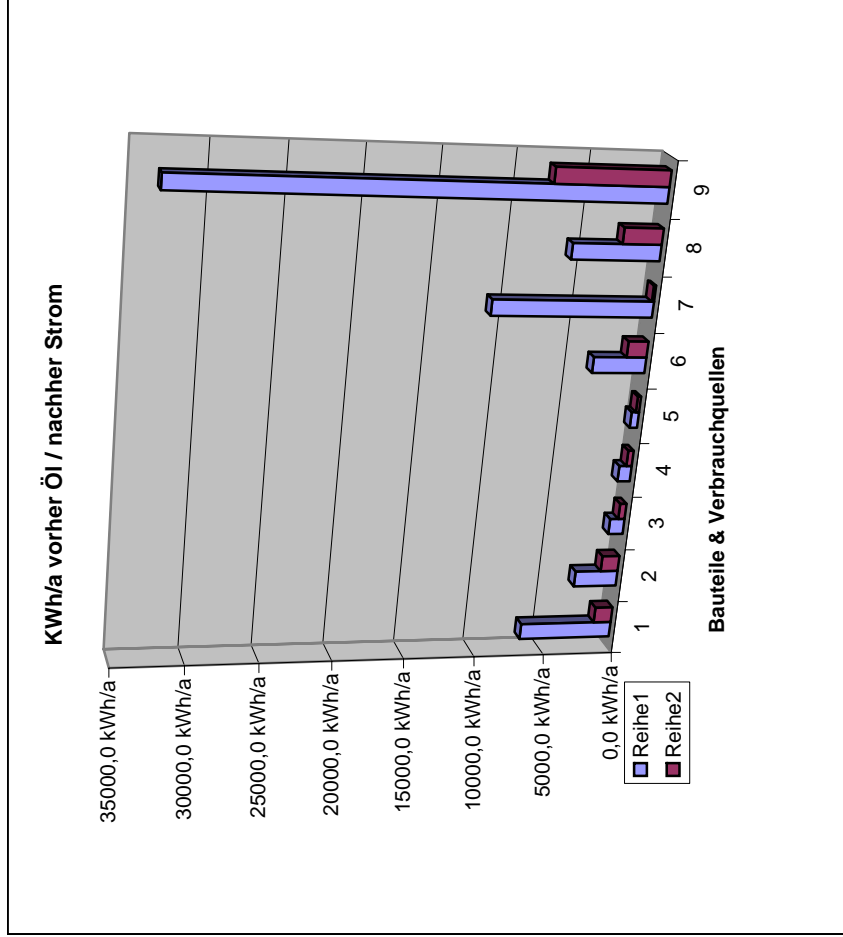
**Nach Modernisierung Kombi 1**  
**Aufteilung der Verluste in Zugrundelegung der Verbrauchsmengen und Anteile für Bauteil- und Lüftungsverlust der Heizlastberechnung**

	in %	Menge	€/a
Wand	15,91%	1260,6 kWh/a	176,49 €
Fenster	15,80%	1251,8 kWh/a	175,25 €
Kellerdecke	5,89%	466,9 kWh/a	65,37 €
Dach	5,02%	397,4 kWh/a	55,64 €
Wand zum Nachbarhaus	2,94%	233,1 kWh/a	32,64 €
$Q_v$	17,89%	1416,7 kWh/a	198,34 €
$Q_h$	<b>63,46%</b>	<b>5026,6 kWh/a</b>	<b>703,72 €</b>
$Q_t$	2,00%	158,4 kWh/a	22,18 €
$Q_w$	34,54%	2736,0 kWh/a	383,04 €
$Q_E$	100%	7921,0 kWh/a	1.108,94 €



### Gegenüberstellung

	vorher		nachher		Menge	Einsparung	€/a	Einsparung	in %
	in %	Menge	in %	Menge					
1 Wand	19,77%	6560,9 kWh/a	15,91%	1260,6 kWh/a	5300,3 kWh/a	380,53 €	176,49 €	204,05 €	53,6%
2 Fenster	9,26%	3071,5 kWh/a	15,80%	1251,8 kWh/a	1819,8 kWh/a	178,15 €	175,25 €	2,90 €	1,6%
3 Kellerdecke	3,17%	1050,6 kWh/a	5,89%	466,9 kWh/a	583,6 kWh/a	60,93 €	65,37 €	- 4,44 €	-7,3%
4 Dach	2,69%	894,1 kWh/a	5,02%	397,4 kWh/a	496,7 kWh/a	51,86 €	55,64 €	- 3,78 €	-7,3%
5 Wand zum Nachbarhaus	1,58%	524,6 kWh/a	2,94%	233,1 kWh/a	291,4 kWh/a	30,42 €	32,64 €	- 2,22 €	-7,3%
6 Qv (Lüftung)	11,21%	3718,7 kWh/a	17,89%	1416,7 kWh/a	2302,0 kWh/a	215,68 €	198,34 €	17,35 €	8,0%
7 Qt (Anlagenverluste)	33,77%	11208,0 kWh/a	2,00%	158,4 kWh/a	11049,6 kWh/a	650,06 €	22,18 €	627,89 €	96,6%
8 Qw (Warmwasser)	18,55%	6156,0 kWh/a	34,54%	2736,0 kWh/a	3420,0 kWh/a	357,05 €	383,04 €	- 25,99 €	-7,3%
9 QE (Endenergie)	100%	33184,4 kWh/a	100%	7921,0 kWh/a	25263,4 kWh/a	1.924,70 €	1.108,94 €	815,76 €	42,4%



Die Einsparungen im kWh-Bereich der einzusetzenden Fremdenergie sind sehr groß. Die Beheizung erfordert eine größere Energiemenge. Diese wird aus der Außenluft gezogen. Da der Strompreis pro kWh aber wesentlich höher ist, relativiert sich die Einsparung in Euro.