

**Energie-Beratungsbericht**  
zur  
**Vor-Ort-Beratung**

gemäß der Richtlinie über die Förderung der Energieberatung in Wohngebäuden vor Ort  
- Vor-Ort-Beratung –  
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie vom 12. November 2014  
sowie gemäß der Sanierungsfahrplan-Verordnung Baden-Württemberg vom 28. Juli 2015



### Vorbemerkung

Der vorliegende Beratungsbericht hat die Aufgabe, eine möglichst genaue Ist-Analyse des betrachteten Gebäudes zu erstellen, um auf dieser Grundlage Empfehlungen für energetische Sanierungsvarianten zu entwickeln. Ziel dabei ist die Empfehlung von Sanierungspaketen, die ein Optimum an Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit ermöglichen. Die Möglichkeiten der Förderungen durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) von Sanierungsmaßnahmen wurden dabei berücksichtigt. Nach der Durchführung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Standard eines KfW-Effizienzhauses erreicht werden.

### Hinweise

- Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten.
- Sämtliche Empfehlungen beruhen auf dem Ist-Zustand des Gebäudes zum Zeitpunkt der Berichtserstellung. Diese können sich mit der Zeit ändern.
- Die Berechnungen zur Energieeinsparung beruhen auf der Gebäudeanalyse, dem energie-relevanten Verhalten der Bewohner (Nutzerverhalten) sowie dem Klima am Standort. Hierbei handelt es sich um theoretische Energiebilanzen, da nicht alle Parameter eindeutig erfasst werden können. Die Annahmen wurden mit Sorgfalt getroffen.
- Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beruht auf den Annahmen zu den Investitionskosten, zur Energieeinsparung, zu den Zinsen und zur prognostizierten Preisentwicklung der verwendeten Energieträger. Teilweise wurden auch KfW-Förderungen mit einbezogen. Auch hier handelt es sich um Näherungen und insbesondere bei den Investitionskosten um Schätzwerte. Bei Investitionen sollten Sie immer mehrere Angebote für die geplanten Sanierungsmaßnahmen einholen.
- Der Beratungsbericht ist kein Ersatz für eine Ausführungsplanung. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung des Gebäudeeigentümers.
- Unsere Beratung ist produktneutral, wir empfehlen keine bestimmten Produkte. Sollten in diesem Beratungsbericht Produktnamen oder Firmennamen bestimmter Produkte erscheinen, so sind diese entweder im Bestand so vorgefunden worden oder als rein exemplarische Angabe zu werten. D.h. die technischen Werte dieses Produktes sind ausschlaggebend und nicht der Hersteller.
- Der Beratungsbericht ist urheberrechtlich geschützt und alle Rechte bleiben dem Unterzeichner vorbehalten. Der Beratungsbericht ist nur für den Auftraggeber und nur für den angegebenen Zweck bestimmt.

Der Bericht wird erst mit einer Unterschrift wirksam.

Felix Wenzel

**Gebäude:** Einfamilienhaus Familie Mustermann  
Unter der Eiche 1  
12345 Musterstadt

**Eigentümer:** Max Mustermann  
Unter der Eiche 1  
12345 Musterstadt

**Berater:** Felix Wenzel – Wenzel's Energiekonzepte  
BAFA-Beraternummer: 221782

**Datum:** 12.8.2017

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
1.1 Empfehlungen für Gesamtsanierung in einem Zug (Komplettsanierung) .....	6
1.2 Empfehlungen bei Gesamtsanierung in Schritten (Maßnahmenfahrplan) .....	7
1.3 Übersicht aller Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen .....	8
1.4 Berechnungsgrundlagen und Verbrauchsabgleich.....	9
1.5 Vorteile der energetischen Sanierung.....	9
1.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	10
1.7 Energie- und Schadstoffeinsparung.....	11
1.7.1 Entwicklung der U-Werte in $W/m^2K$ .....	11
1.7.2 Entwicklung des Endenergiebedarfs (Brennstoffbedarf) in kWh/a .....	12
1.7.3 Entwicklung des Primärenergiebedarfs (ökologische Bewertung) in kWh/a .....	12
1.7.4 Entwicklung der Schadstoffemissionen.....	13
1.8 Gesetze und Normen.....	14
1.8.1 Nachrüstverpflichtungen nach EnEV.....	14
1.8.2 Erneuerbare-Wärme-Gesetz – EWärmeG (Baden-Württemberg) .....	14
1.8.3 Lüftungskonzept nach DIN 1946-6.....	14
<b>2 Bestandsaufnahme</b> .....	<b>15</b>
2.1 Gebäudedaten .....	15
2.2 Ansichten .....	16
2.3 Baulicher Zustand und Wärmedämmung der Gebäudehülle .....	17
2.4 Wärmetechnische Einstellung der Gebäudehülle .....	18
2.5 Heizungsanlage .....	19
2.6 Trinkwarmwasseranlage.....	19
2.7 Lüftung.....	20
2.8 Ergebnisse der Photovoltaik-Anlage.....	20
<b>3 Gebäudeanalyse</b> .....	<b>21</b>
3.1 Energiebilanz des Gebäudes.....	21
3.2 Gemessener Energieverbrauch .....	22
3.3 Energetische Einstufung des Gebäudes .....	23

<b>4 Energetisches Sanierungskonzept</b> .....	<b>24</b>
4.1 Gesamtsanierung in einem Zug .....	25
4.1.1 Fenster.....	26
4.1.2 Hydraulischer Abgleich.....	28
4.1.3 Kellerwände.....	29
4.1.4 Dach .....	31
4.1.5 Giebelwände .....	33
4.1.6 Wärmebrücken Gleichwertigkeitsnachweis.....	34
4.2 Gesamtsanierung in Schritten (Maßnahmenfahrplan) .....	35
4.3 Weitere energetische Schwachstellen und Energieeinsparmaßnahmen .....	38
4.4 Vergleich Ist Zustand mit Pelletkessel und Solaranlage (Trinkwasser + Heizung) ....	39
<b>5 Förderung</b> .....	<b>41</b>
<b>6 Anhang</b> .....	
6.1 Beschreibung der Wärmeversorgung.....	
6.2 Beschreibung der Trinkwarmwasserversorgung.....	
6.3 Bauteilkatalog .....	
6.4 Fensterkonstruktionen .....	
6.5 Beispiele und Hinweise zur Erfüllung des Schlagregenschutzes .....	
<b>7 Ergänzende Informationen</b> .....	
7.1 Gesetze und Normen.....	
7.2 Glossar .....	
7.3 Allgemeine Anmerkungen zu Wärmedämmverbund-System (WDVS)	
7.4 Luftdichtigkeitsprüfung des Gebäudes.....	
7.5 Entsorgungskonzept .....	
7.6 Erläuterungen zu Wärmebrücken .....	
7.7 Systemskizzen / Pläne.....	

## 1 Zusammenfassung

Im Zuge der Vor-Ort-Beratung wurden folgende 3 Sanierungsvarianten betrachtet:

- Sanierung in einem Zug (Komplettsanierung)
- Sanierung in Schritten (Maßnahmenfahrplan)
- Einbau eines Pelletkessel in Verbindung mit einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung

Die Betrachtung der zuletzt genannten Variante wurde explizit durch den Auftraggeber gewünscht. Da diese Maßnahme jedoch unwirtschaftlich ist (siehe Kap 4.4, S.39), wurde sie bei dem Bericht nicht weiter berücksichtigt.

Die bestehenden Wärmeerzeuger bzw. Warmwasserbereiter (Anlagentechnik) sind in einem guten Zustand. Außerdem sind die regenerativen Anforderungen der Anlagen um 46% besser, als im EEWärmeG gefordert werden. Deshalb wird es nicht empfohlen, diese im Zuge der Sanierung auszutauschen.

Der Schwerpunkt bei den folgend dargestellten Sanierungsvorschlägen wurde auf die Senkung der Transmissionswärmeverluste (z.B. Dämmung, Fensteraustausch, etc.) gelegt, weil hier das größte Einsparpotential besteht.

Nach Durchführung aller vorgeschlagenen Energieeffizienzmaßnahmen kann bei der Komplettsanierung ein **KfW-Effizienzhaus-100** erreicht werden.



Abbildung 1: Erreichter KfW-Effizienzhausstandard nach der empfohlenen Komplettsanierung

Erfolgen die Sanierungen nach dem Maßnahmenfahrplan, kann ein KfW-Effizienzhaus-115 erreicht werden.

## 1.1 Empfehlungen für Gesamtsanierung in einem Zug (Komplettsanierung)

Um die Sanierungsmaßnahmen

- baulich optimal aufeinander abstimmen zu können
- die Investitionskosten für die empfohlenen Maßnahmenkombinationen so gering wie möglich zu halten und
- Förderprogramm optimal ausnutzen zu können,

empfehle ich grundsätzlich die Durchführung aller Maßnahmen in einem Zug.

**Folgende Maßnahmen sollten entsprechend der Maßnahmenkombination „Komplettsanierung“ (siehe Kap. 4.1, S.25) ausgeführt werden:**

- **Austausch der Bestandsfenster von 1983 und 1995 und Austausch des Lichtbandes**
- **Durchführung eines hydraulischen Abgleichs**
- **Dämmung der Kellerinnenwände gegen unbeheizte Räume und aller Außenwände**
- **Dämmung des Dachs durch Anbringung einer Untersparrendämmung und Dämmung des Flachdaches (Balkon) mit Verbundplatten**
- **Dämmung der Giebel durch Anbringung von Kalziumsilikatplatten**
- **Wärmebrücken Gleichwertigkeitsnachweis**

Gegenüber einer Sanierung in Schritten (siehe Kap. 4.2, S.34) hat die in einem Zug durchgeführte Sanierung zwei Vorteile:

1. Wird eine Komplettsanierung durchgeführt, sind die möglichen Fördermittel höher. Somit sind die energetisch bedingten Investitionskosten abzüglich der Förderungen deutlich niedriger als bei einer Sanierung nach dem Maßnahmenfahrplan.
2. Die jährlichen Energiekosten liegen bereits im 1. Jahr etwa 525€ niedriger als bei einer Sanierung nach dem Maßnahmenfahrplan.

Die im Rahmen der Energieberatung untersuchten Einzelmaßnahmen sind grundsätzlich auf die aktuellen Bundesförderprogramme der KfW (Energieeffizient Sanieren – Einzelmaßnahmen) abgestimmt und förderfähig.

Zur optimalen Umsetzung der Maßnahmen empfehle ich Ihnen eine unabhängige Planung und Bauleitung durch einen in der energetischen Sanierung erfahrenen Architekten oder Ingenieur. Eine Baubegleitung wird zudem mit bis zu 50% der Kosten – max. 4.000€ – von der KfW gefördert.

Für die Umsetzung eines KfW-geförderten Effizienzhauses haben Sie von der Zusage bis zum vollständigen Abruf des KfW-Darlehens bis zu 3 Jahre Zeit.

## 1.2 Empfehlungen bei Gesamtanierung in Schritten (Maßnahmenfahrplan)

Auch eine schrittweise Sanierung des Gebäudes ist möglich. Um die Sanierungsmaßnahmen

- konstruktiv und bauphysikalisch optimal aufeinander abstimmen zu können und
- die Investitionskosten so gering wie möglich zu halten

empfehle ich, die Maßnahmen zu kleineren Paketen zu kombinieren.

Folgende Maßnahmen sollten entsprechend der Maßnahmenkombination „Maßnahmenfahrplan“ (siehe Kap. 4.2, S.34) ausgeführt werden. Dabei sollte aus wirtschaftlichen und energetischen Gründen die Reihenfolge des Sanierungsvorschlages eingehalten werden:

1. Austausch der Bestandsfenster von 1983 und 1995 und Austausch des Lichtbandes und Durchführung eines hydraulischen Abgleichs
2. Dämmung der Kellerinnenwände gegen unbeheizte Räume und aller Außenwände
3. Dämmung des Dachs durch Anbringung einer Untersparrendämmung und Dämmung des Flachdaches (Balkon) mit Verbundplatten

Die im Rahmen der Energieberatung untersuchten Einzelmaßnahmen sind grundsätzlich auf die aktuellen Bundesförderprogramme der KfW (Energieeffizient Sanieren – Einzelmaßnahmen) abgestimmt und förderfähig.

Zur optimalen Umsetzung der Maßnahmen empfehle ich Ihnen eine unabhängige Planung und Bauleitung durch einen in der energetischen Sanierung erfahrenen Architekten oder Ingenieur. Eine Baubegleitung wird zudem mit bis zu 50% der Kosten – max. 4.000€ – von der KfW gefördert.

Für die Umsetzung eines KfW-geförderten Effizienzhauses haben Sie von der Zusage bis zum vollständigen Abruf des KfW-Darlehens bis zu 3 Jahre Zeit.

## 1.3 Übersicht aller Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen

In der Vor-Ort-Beratung wurden unter anderem die folgenden Maßnahmen untersucht und zu folgenden empfehlenswerten Varianten kombiniert.

Maßnahme	Ausführungsempfehlung	siehe Seite	Maßnahmenkombinationen							
			Komplett-sanierung	Fenster	hydraulischer Abgleich	Dämmung Kellerwände	Dach	Giebelwände	WGN	
Fenster austauschen (1983 & 1995)	Austausch der Fenster und der Rahmen (Neu: U-Wert 0,8 W/m <sup>2</sup> K)	26	X	X						
Fenster austauschen (Lichtband)	Austausch der Fenster und der Rahmen (Neu: U-Wert 0,8 W/m <sup>2</sup> K)	27	X	X						
hydraulischer Abgleich	hydraulischen Abgleich des Heizungsnetzes	28	X		X					
Dämmung Kellerwände Innen zu unbeheizt	Innendämmung mit Verbundplatten (Dicke: 6cm) (Neu: U-Wert 0,53 W/m <sup>2</sup> K)	29	X			X				
Dämmung Kellerwände Außen zu Erdreich	Innendämmung mit Verbundplatten (Dicke: 6cm) (Neu: U-Wert 0,31 W/m <sup>2</sup> K)	29	X			X				
Dämmung Kellerwände Außen zu Außenluft	Innendämmung mit Verbundplatten (Dicke: 6cm) (Neu: U-Wert 0,15 W/m <sup>2</sup> K)	29	X			X				
Dämmung Dach	Untersparrendämmung mit Mineralwolle (Dicke: 18cm) und Holzbeplankung (Neu: U-Wert 0,14 W/m <sup>2</sup> K)	31	X					X		
Dämmung Flachdach (Balkon)	Außendämmung mit Verbundplatten (Dicke: 20cm) (Neu: U-Wert 0,14 W/m <sup>2</sup> K)	32	X					X		
Dämmung Giebelwände	Innendämmung mit Kalziumsilikatplatten (Dicke: 5cm) (Neu: U-Wert 0,27 W/m <sup>2</sup> K)	33	X						X	
Wärmebrücken Gleichwertigkeitsnachweis (WGN)	Reduzierung des pauschalen Wärmebrückenzuschlags durch Nachweis gemäß DIN 4108 Beiblatt 2	34	X							X

Tabelle 1: Maßnahmenkombinationen

Bei sämtlichen folgenden Kostenannahmen werden lediglich die Kosten für die Sanierungsmaßnahmen betrachtet. Folgekosten für z.B. Fußbodenbeläge oder für Malerarbeiten werden nicht berücksichtigt. Der ausführliche Bauteilkatalog befindet sich im.

## 1.4 Berechnungsgrundlagen und Verbrauchsabgleich

Diese Energieberatung basiert auf dem Energiebedarf des Gebäudes. Dazu wurden Wärme- und Energiemengen rechnerisch nach den Vorgaben der EnergieEinsparverordnung EnEV ermittelt. Diese beinhalten ein für ganz Deutschland einheitliches Klima und Nutzerverhalten im Gebäude. Dadurch werden alle äußeren Einflüsse auf das Gebäude ausgeblendet um so die Vergleichbarkeit mit anderen Gebäuden und mit Förderprogrammen gewährleistet. Der tatsächlich gemessene Energieverbrauch weicht in der Regel – so auch bei Ihnen – von diesen Berechnungsergebnissen ab. Ihr gemessener durchschnittlicher Energieverbrauch der letzten drei Heizperioden liegt 8% über dem berechneten Energiebedarf (siehe Kap. 3.2, S.22). Dies hat insbesondere Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen. Bei geringerem Energieverbrauch werden in der Regel auch geringere Energieeinsparungen erzielt. Bei gleich bleibenden Investitionskosten bedeutet dies längere Amortisationszeiten. Die Reihenfolge der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen untereinander ändert sich dabei jedoch nicht. Da sich die Nutzer und damit der Energieverbrauch jedoch während der Lebensdauer der Maßnahmen verändern können, sollten Investitionsentscheidungen nicht allein auf Grundlage des derzeitigen Energieverbrauchs getroffen werden. Das Nutzerverhalten der EnEV geht von einer durchschnittlichen Personenbelegung und somit durchschnittlichem Nutzerverhalten bei vollständiger Beheizung des Gebäudes aus. In der Praxis zeigt sich zudem häufig, dass nach einer Sanierung die Komfortanforderungen der Nutzer steigen, z. B. durch höhere Raumtemperaturen oder Beheizung zuvor gering beheizter Räume. Auch aus diesen Gründen werden prognostizierte Energieeinsparungen in der Praxis häufig nicht erreicht. Bei geringen Energiekosten leisten sich viele Nutzer gerne einen höheren Komfort.

## 1.5 Vorteile der energetischen Sanierung

Folgende Vorteile haben Sie nach einer energetischen Sanierung:

- Energiekosteneinsparungen
- Langfristige Absicherung des Lebensstandards der Bewohner durch überschaubare Heizkosten
- Kostensicherheit durch geringere Abhängigkeit von Energiepreisschwankungen
- Steigerung des Wohnkomforts und höhere Behaglichkeit durch Vermeidung von Zugerscheinungen, höhere Oberflächentemperaturen, bessere Temperaturverteilung in den Räumen, etc.
- Langfristige Sicherung der Vermietbarkeit durch höheren Wohnstandard
- Geringere Gefahr von Schimmelpilzbildung durch höhere Oberflächentemperaturen
- Wertsicherung des Gebäudes durch Umwandlung von Energiekosten in Investitionen
- Ästhetische Aufwertung des Gebäudes
- Verbesserung des Schallschutzes durch dichte Fenster
- Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes
- Imageaufwertung und Beitrag zur Verbesserung des sozialen Umfeldes
- Schutz der Umwelt durch Einsparung von Energie und Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen

## 1.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Sofern Sie Eigenkapital zur Verfügung haben, sollten Sie bedenken, dass zurzeit die Rendite für sichere Geldanlagen sehr gering ist. Deshalb wäre abzuwägen, ob bei Investitionen in energiesparende Maßnahmen nicht eine bessere Rendite erzielt werden kann, die zudem auch noch steuerfrei ist.

Aufwendungen für die Inanspruchnahme von Handwerkerleistungen für Renovierungs-, Erhaltungs- und Modernisierungsmaßnahmen (nur Arbeitslohn) kann auch jede Privatperson - sofern keine anderweitigen Fördermittel für diese Maßnahmen in Anspruch genommen wurden - in der Einkommensteuererklärung geltend machen. Fragen Sie zu diesem Thema ihren Steuerberater! Diese steuerlichen Vorteile sind in den folgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen nicht berücksichtigt.

### Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Prognose der Energiekosten für Heizung und Warmwasser nach Sanierung und die prognostizierte Energiekosteneinsparung den energetisch bedingten Sanierungskosten und öffentlichen Fördermitteln wie Zuschüsse und Zinseinsparungen durch Förderkredite gegenübergestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten abzüglich öffentlicher Fördermittel zur Energiekosteneinsparung ergibt sich das Kosten/Nutzen-Verhältnis. Je kleiner das Kosten/Nutzen-Verhältnis, desto wirtschaftlicher ist die Maßnahme. Bei einem Kosten/Nutzen-Verhältnis von z.B. 5 : 1 hat sich die Investition nach 5 Jahren vollständig amortisiert.

Es entspricht einer statischen Amortisation ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreisssteigerungen und dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen untereinander.

Ist-Zustand vor der Sanierung		2.002 €/a Energiekosten 7.416 kWh/a Endenergiebedarf						
Maßnahmenkombination Beschreibung siehe S. XY	Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten [€]	KfW-Fördermittel (siehe Kap. 5) [€]	Nettoinvestitionskosten [€]	prognostizierte Einsparungen		Kosten / Nutzen	
					Energiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]		[%]
<b>Komplettsanierung</b>								
KfW 100	949	38.268	18.958	19.310	3.899	1.053	52,60	18 : 1
<b>Maßnahmenfahrplan (MFP)</b>								
Fenster & hydraulischer Abgleich	1.580	23.917	5.408	18.509	1.565	423	21,13	44 : 1
Dämmung Kellerwände	1.267	4.024	922	3.102	2.723	735	36,71	4 : 1
Dach	1.113	6.166	1.740	4.427	3.293	889	44,41	5 : 1
Ergebnisse MFP	Ø 1.320	Σ 34.107	Σ 8.070	Σ 26.038	Ø 2.527	Ø 682	Ø 34,08	38 : 1

Tabelle 2: Kosten/Nutzen-Verhältnis

Die in der Tabelle 2 dargestellten Durchschnittszahlen „Ø“ beziehen sich darauf, dass die Sanierungen nach dem Maßnahmenfahrplan in 3 aufeinander folgenden Jahren (2017-2019) durchgeführt werden. Somit stellt die Durchschnittszahl die durchschnittlichen Kosten bzw. Einsparungen dieser 3 Jahre dar. Weil die Durchschnittswerte und die Werte des 3. Jahres des Maßnahmenfahrplans bei allen Vergleichen schlechter sind wie die Werte der Komplettsanierung, empfiehlt es sich, eine Komplettsanierung durchzuführen.

### 1.7 Energie- und Schadstoffeinsparung

Es wurden die Entwicklungen der Energie- bzw. Schadstoffwerte betrachtet:

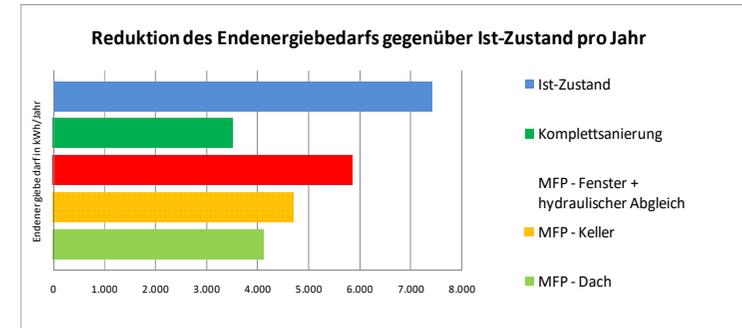
- Entwicklung der U-Werte
- Entwicklung des Endenergiebedarfs (Brennstoffbedarf)
- Entwicklung des Primärenergiebedarfs (ökologische Bewertung)
- Entwicklung der Schadstoffemissionen

#### 1.7.1 Entwicklung der U-Werte in $W/m^2K$

Varianten	Gesamt-hülle [W/m <sup>2</sup> K]	Dach [W/m <sup>2</sup> K]	Wand [W/m <sup>2</sup> K]	Keller [W/m <sup>2</sup> K]	Fenster [W/m <sup>2</sup> K]
EnEV 2014 (Anforderungen ab 2016)		0,24	0,24	0,30	1,30
KfW-Anforderung		0,14	0,20	0,25	0,95
Ist-Zustand	0,85	0,29	0,90	1,06	2,33
Komplettsanierung	0,51	0,14	0,35	1,06	1,21
MFP - Fenster + hydraulischer Abgleich	0,75	0,29	0,90	1,06	1,21
MFP - Keller	0,58	0,29	0,38	1,06	1,21
MFP - Dach	0,52	0,14	0,38	1,06	1,21

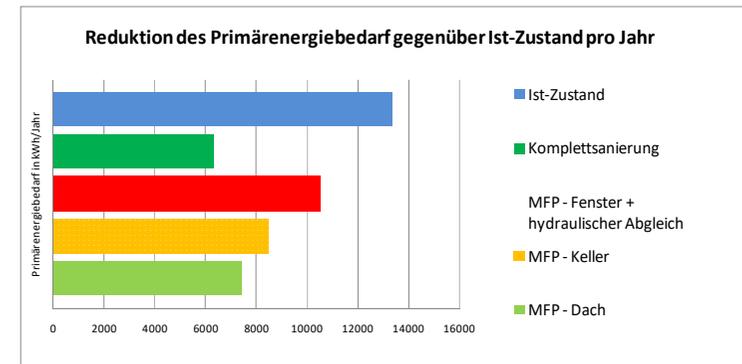
Tabelle 3: Gegenüberstellung der U-Werte (Ist-Zustand & Sanierung) zu den EnEV und KfW-Anforderungen

#### 1.7.2 Entwicklung des Endenergiebedarfs (Brennstoffbedarf) in kWh/a



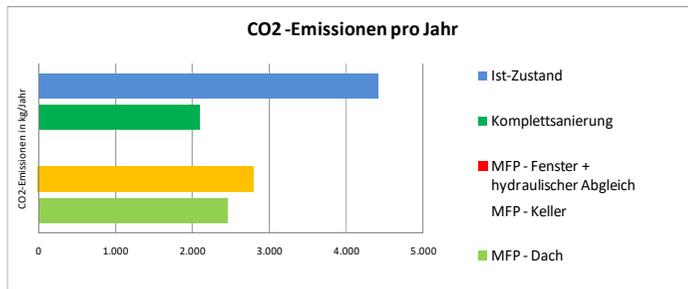
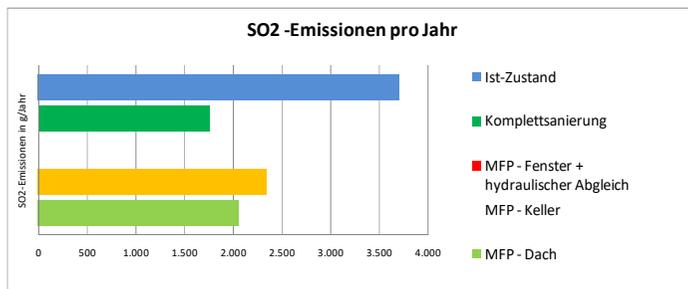
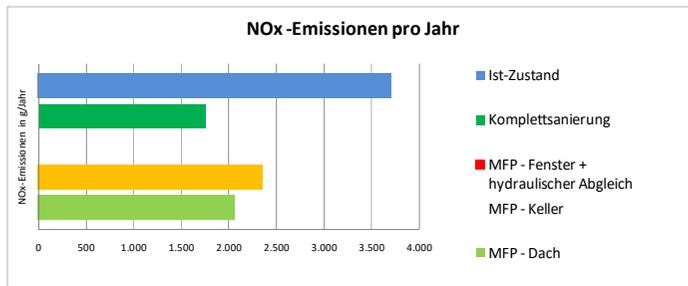
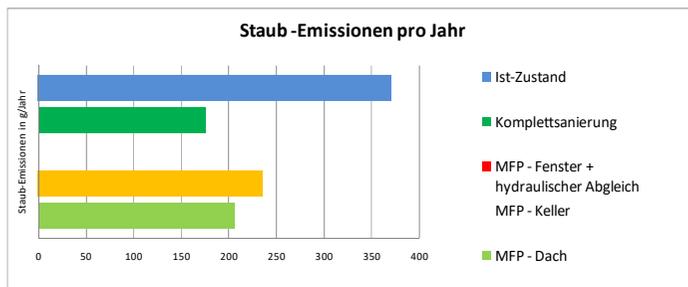
Grafik 1: Entwicklung Endenergiebedarf

#### 1.7.3 Entwicklung des Primärenergiebedarfs (ökologische Bewertung) in kWh/a



Grafik 2: Entwicklung Primärenergiebedarf

### 1.7.4 Entwicklung der Schadstoffemissionen

Grafik 3: CO<sub>2</sub>-EmissionenGrafik 4: SO<sub>2</sub>-EmissionenGrafik 5: NO<sub>x</sub>-Emissionen

Grafik 6: Staub Emissionen

### 1.8 Gesetze und Normen

Für Ihr Gebäude sind die folgenden gesetzlichen Anforderungen und Normen zu beachten:

#### 1.8.1 Nachrüstverpflichtungen nach EnEV

Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden, keine Nieder-temperatur oder Brennwertkessel sind und vor dem 01.01.1985 eingebaut oder aufgestellt worden sind, dürfen nicht mehr betrieben werden.

Bisher ungedämmte, zugängliche Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen, die sich nicht in beheizten Räumen befinden, müssen wärmegeklämt werden. Die Nachrüstverpflichtungen wurden bei den untersuchten Maßnahmen berücksichtigt.

#### 1.8.2 Erneuerbare-Wärme-Gesetz – EWärmeG (Baden-Württemberg)

Wenn ein Austausch der Heizungsanlage erfolgt, müssen in Baden-Württemberg mindestens 15% des jährlichen Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Diese Pflicht gilt als erfüllt, wenn eine Solaranlage mit einer Größe von 0,04m<sup>2</sup> Kollektorfläche pro m<sup>2</sup> Wohnfläche genutzt wird. Alternativ sind Ersatzmaßnahmen möglich. Die Anforderungen des EWärmeG wurden bei den untersuchten Maßnahmen berücksichtigt.

#### 1.8.3 Lüftungskonzept nach DIN 1946-6

Da sich durch die Sanierungsmaßnahmen die Luftdichtheit des Gebäudes erhöht und so der Mindestluftwechsel nicht mehr durch Infiltration durch die Gebäudehülle gedeckt werden kann, wäre ein häufigeres manuelles Lüften notwendig. Auf diese Weise wird der erforderliche Luftwechsel gewährleistet und es werden zu hohe Schadstoffkonzentrationen sowie Feuchteschäden (Schimmelbildung) vermieden. Dazu empfehle ich Ihnen allerdings grundsätzlich eine mechanische Abluftanlage für das Gebäude. Die einfachste und kostengünstigste Möglichkeit ist eine wohnungszentrale Abluftanlage mit Absaugung in Küche und Bad, Zuluft über Zuluftventile in den neuen Fensterrahmen und Überströmöffnungen in den Zimmertüren. So kann der notwendige Luftwechsel sicher und bequem ohne Eingriff des Nutzers gewährleistet werden. Energetisch verhält sich eine reine Abluftanlage neutral. Energieeinsparungen sind dadurch nicht zu erwarten. Dazu wäre eine Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung notwendig.

## 2 Bestandsaufnahme

### 2.1 Gebäudedaten

In Tabelle 4 werden die Gebäudedaten erläutert.

Gebäudetyp	Einfamilienhaus
Baujahr	1983
Lage	freistehendes Gebäude am Ortsrand
Nutzung	Wohnhaus Dachgeschoss: bis unter den First ausgebaut, kein Dachboden Kellergeschoss: Wohnräume und unbeheizte Lager- und Technikräume
Bauweise	Dach- und Erdgeschoss: Holzbauweise Kellergeschoss: Massivbauweise Satteldach mit ca. 55° Neigung nach Süd/Nord
Anzahl Vollgeschosse	1
Anzahl Wohneinheiten	1
Anzahl Bewohner	2
beheizte Wohnfläche	100m <sup>2</sup>
Energiebezugsfläche	220m <sup>2</sup>
Wärmeübertragende Umfassungsflächen	546m <sup>2</sup> bestehend aus: Dachflächen, Außenwänden, Kellerdecke, Wände und Bodenplatte des Treppenhauses gegen Erdreich und Keller, Kellerinnenwände gegen unbeheizte Lagerräume
beheiztes Volumen V <sub>e</sub>	688m <sup>3</sup>
bauliche Besonderheiten	Nurdachhaus mit teilweise bewohntem Keller 1995 wurde das Gebäude erweitert (ab Lichtband)

Tabelle 4: Gebäudedaten

## 2.2 Ansichten



Bild 1 Ansicht Ost



Bild 2 Ansicht West



Bild 3 Ansicht Süd



Bild 4 Ansicht Nord

### 2.3 Baulicher Zustand und Wärmedämmung der Gebäudehülle

In der Tabelle 5 wird der bauliche Zustand und die Wärmedämmung der Gebäudehülle erklärt.

<b>Allgemein</b>	Das Gebäude ist im Kern in einem guten baulichen Zustand. Es sind keine baulichen Mängel und Schäden am Gebäudekern (Durchfeuchtung, Risse, ...) erkennbar. Die Anlagentechnik wurde regelmäßig saniert.
<b>Außenwände</b>	
Giebel Ost	Holzständerbauweise mit Mineralwolle gedämmt und Außen mit Schindeln verkleidet (1995). An der Bestandsgiebelwand Ost wurden die Schindeln auf die bestehende Bretterfassade aufgesetzt.
Giebel West	Holzständerbauweise mit Mineralwolle gedämmt und Außen mit Schindeln verkleidet.
<b>Fenster</b>	
Bestand 1983	Isolierverglasung im Holzrahmen, starke Zugscheinungen
Bestand 1995	Isolierverglasung im Holzrahmen, starke Zugscheinungen
Lichtband	Isolierverglasung im Metallrahmen, ungedämmte Profile
Dachfenster	Wärmeschutzverglasung im Holz-Kunststoffrahmen Austausch im Jahr 2015, deshalb keine Sanierung notwendig
<b>Eingang</b>	Haustüre aus Holz (massiv) im Urzustand ohne Lippendichtung
<b>Zwischendecke zum unbeheizten Keller</b>	Betondecke Unterseite nicht gedämmt, auf der Oberseite Fußbodenheizung mit Wärmedämmung
<b>Dach</b>	Aufsparrendämmung (10cm Polystyrol) auf Bitumenbahn, darüber Ziegel auf Konterlattung verlegt
<b>Kelleraußenwände</b>	
gegen Erdreich	Betonwand (24cm), Innen mit Polystyrol gedämmt, Außen mit Hohlblocksteinen vorgesetzt
gegen Außenluft	Betonwand (24cm), Innen mit Polystyrol gedämmt, Außen mit PUR-Platten gedämmt
<b>Kellerbodenplatte</b>	Betonplatte nicht gedämmt gegen Erdreich, in den beheizten Räumen auf der Oberseite Fußbodenheizung mit Wärmedämmung
<b>Wärmetechnische Schwachstellen, Wärmebrücken und unkontrollierte Lüftungsverluste</b>	Holzfenster: starke Zugscheinung beim Holzrahmen Lichtband: nicht gedämmter Rahmen Innenwände Keller und Kellerwände gegen Erdreich unzureichend gedämmt Balkonboden zum beheizten Kellerraum nicht gedämmt

Tabelle 5: Baulicher Zustand und Wärmedämmung der Gebäudehülle

### 2.4 Wärmetechnische Einstellung der Gebäudehülle

#### U-Werte

Der U-Wert ist ein Maß für den Wärmeverlust eines Bauteils. Je größer der U-Wert, desto schlechter ist das Bauteil. In der folgenden Tabelle werden die Bauteile Ihres Gebäudes mit den heutigen gesetzlichen Mindestanforderungen der EnEV (Energie-Einspar-Verordnung) bei Sanierung von Außenbauteilen und den Mindestanforderungen für eine Förderung von einzelnen Sanierungsmaßnahmen durch die KfW-Förderbank verglichen.

Die U-Werte der Bauteile Ihres Gebäudes wurden unter Annahme üblicher baujahrspezifischer Materialqualitäten und Schichtdicken ermittelt. Der vollständige Bauteilkatalog mit der Berechnung der U-Werte befindet sich im Anhang.

Bauteil	U-Werte [W/(m²K)]			energetische Bewertung des Bestandes
	Ist-Zustand	EnEV <sup>1</sup>	KfW-Förderung <sup>2</sup>	
Balkonboden	0,60	0,20	0,14	schlecht
Dach	0,28	0,24	0,14	schlecht
Keller Außenwand gedämmt	0,20	0,24	0,20	gut
Keller Außenwand gegen Erdreich	0,58	0,30	0,20	schlecht
Keller Innenwand gegen unbeheizt	2,67	0,30	0,20	sehr schlecht
Giebelwand O (Bestand)	0,38	0,24	0,20	schlecht
Giebelwand W (Erweiterung)	0,40	0,24	0,20	schlecht
Dachfenster	1,10	1,30	0,95	gut
Lichtband	4,30	1,30	0,95	sehr schlecht
Fenster Bestand 1983	2,57	1,30	0,95	sehr schlecht
Fenster Bestand 1995	1,60	1,30	0,95	schlecht
Innentür	2,00	-	0,95	schlecht
Haustür	2,50	1,30	0,95	sehr schlecht
Bodenplatte Keller	1,14	0,30	0,25	sehr schlecht
Zwischendecke zum unbeheizten	0,90	0,30	0,25	sehr schlecht

Tabelle 6: U-Werte der Gebäudehülle

<sup>1)</sup> Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren der EnEV 2014 (Anforderungen ab 2016) gelten nicht, wenn der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes den Höchstwert für einen entsprechenden Neubau um nicht mehr als 40 % überschreitet. Die Anforderungswerte sind abhängig von der Einbausituation.

<sup>2)</sup> Mindestwerte U-Werte für KfW-Förderung (Einzelmaßnahmen), für Denkmale gelten andere Werte; Stand: 03/2012

#### Transmissionen durch Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Punkte, Winkel und Flächen der Gebäudehülle, an denen gegenüber den übrigen Bauteilen erhöhte Transmissionen stattfinden. Man unterscheidet geometrische und konstruktive, lineare und flächenhafte Wärmebrücken. Die Wärmebrücken wurden mit einem Pauschalwert (0,100 W/(m²K)) gemäß DIN V 4108-6, Anhang D3 Zeile 15 oder EnEV Anlage 3 Nummer 8.1 berücksichtigt. Es wurden somit keine besonderen Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebrückeneinflusses getroffen.

## 2.5 Heizungsanlage

In Tabelle 7 wird die Heizungsanlage (Ist-Zustand) beschrieben. Eine detaillierte Auflistung der Daten finden Sie im Anhang .

<b>Allgemein</b>	Zentralheizung als Warmwasserheizung Baujahr 2005, parallel hierzu wird das Erd- und Dachgeschoss durch einen Kachelofen beheizt
<b>Wärmeerzeuger</b>	
Wärmepumpe	Kombi-Erzeuger (Erzeuger für Heizung und Warmwasser), Wärmepumpe Sole-Wasser (Baujahr 2005), Leistung: 10,8 kW, Einschaltdauer: 6096 Stunden; Jahresnutzungsgrad : 97,7 %: Energieträger Strom, Aufstellort nicht beheizt, Außentemperatur geführt; Deckung 60% ; Jahresarbeitszahl: 4,6
Kachelofen	Holzofen (Baujahr 1983), Leistung 12,0 kW, → in der Betrachtung nicht berücksichtigt, da Verbrauch Nutzerabhängig
<b>Speicher</b>	Heizungspufferspeicher: 600l Volumen, Aufstellung bei 13 °C Raumtemperatur, Ladepumpe: 45 W; Bereitschaftsverlust: 4,46 kWh pro Tag
<b>Verteilung</b>	<b>horizontale Verteilleitungen</b> im unbeheizten Keller unter der Decke, externer Heizkreismischer, mäßig wärmedämmte aber gut zugänglich, <b>vertikale Strangleitungen</b> in Außenwänden, mäßig wärmedämmte, nicht zugänglich da in der Wand verlegt Heizkörperanbindungen frei im Raum, ungedämmte aber gut zugänglich stufengeregelte Heizkreispumpen
<b>Wärmeübergabe</b>	im UG über Heizkörper und Fußbodenheizung im EG über Fußbodenheizung und Kachelofen im OG über Heizkörper und Kachelofen
<b>Regelung</b>	Die Heizkörper sind mit Thermostatventilen (hohe Regelgenauigkeit, 2K) und die Fußbodenheizung über elektrische Raumthermostate geregelt.
<b>besondere Schwachstellen</b>	kein hydraulischer Abgleich, Kachelofen hat keinen Rußpartikelfilter

Tabelle 7: Details Heizungsanlage

## 2.6 Trinkwarmwasseranlage

In Tabelle 8 wird die Trinkwarmwasseranlage (Ist-Zustand) beschrieben. Eine detaillierte Auflistung der Daten finden Sie im Anhang .

<b>Allgemein</b>	Zentrale Warmwasseranlage, Baujahr 1983, voll funktionsfähig, keine technischen Mängel erkennbar, im Laufe der Jahre modernisiert
<b>Wärmeerzeuger</b>	
Wärmepumpe	Kombi-Erzeuger (Erzeuger für Heizung und Warmwasser), 10,8 kW, , Baujahr: 2005, mit 50 % Deckung
Solaranlage	Flachkollektor mit 5,6 m <sup>2</sup> , Baujahr: 1999, mit 50 % Deckung,
<b>Speicher</b>	300 l Speichervolumen
<b>Verteilung</b>	horizontale Verteilleitungen im unbeheizten Keller unter der Decke, mäßig wärmedämmte aber gut zugänglich, vertikale Strangleitung in Wänden, nicht zugänglich, mäßig wärmedämmte Stichleitungen in Wänden, mäßig wärmedämmte, schwer zugänglich Zirkulation vorhanden
<b>besondere Schwachstellen</b>	keine

Tabelle 8: Details Trinkwarmwasseranlage

## 2.7 Lüftung

Eine Lüftungsanlage ist nicht vorhanden. Aufgrund von Undichtigkeiten von Fenstern, Türfugen und Fassade wurde ein Luftwechsel in Höhe von 0,3/h (Austausch der gesamten Luft in 3,3 Stunden) angenommen.

## 2.8 Ergebnisse der Photovoltaik-Anlage

Es handelt sich bei der bestehenden Photovoltaik-Anlage um eine Aufdach-Anlage (Baujahr 2002) mit einer Leistung von 2,52 kW<sub>peak</sub>. Die gesamte Anlage hat eine Fläche von 19,5m<sup>2</sup>. Nach EnEV 2014 §5 (Anforderungen ab 2016), darf durch eine Photovoltaik-Anlage erzeugter und selbst genutzter Strom bei der Berechnung des Primärenergiebedarfs in der Höhe abgezogen werden, die dem berechneten Strombedarf der jeweiligen Nutzung entspricht. Das betrifft vor allem den durch die Anlagentechnik benötigten Hilfsstrom sowie Strom für Beleuchtung im Nichtwohngebäude. Im Rahmen einer Energieberatung kann der komplett erzeugte Strom vom Primärenergiebedarf angerechnet werden.

Bei dem betrachteten Gebäude wird der durch die Photovoltaik-Anlage erzeugte Strom jedoch nicht selbst genutzt sondern komplett in das Netz eingespeist.

In der folgenden Tabelle sind die Ertragsdaten (Berechnung nach DIN 15316-4-6) der Anlage dargestellt.

Monat	Strom EnEV [kWh]		Strom Musterstadt [kWh]		
	erzeugt <sup>1)</sup>	abzugsfähig <sup>2)</sup>	erzeugt <sup>3)</sup>	selbst genutzt <sup>4)</sup>	eingespeist
Januar	85,8	85,8	104,1	0,0	104,1
Februar	69,9	69,9	83,4	0,0	83,4
März	170,1	170,1	168,3	0,0	168,3
April	273,5	273,5	181,0	0,0	181,0
Mai	275,6	207,5	267,6	0,0	267,6
Juni	268,1	112,7	248,6	0,0	248,6
Juli	241,9	112,7	263,9	0,0	263,9
August	250,3	112,7	245,6	0,0	245,6
September	210,9	172,0	194,6	0,0	194,6
Oktober	170,1	170,1	155,6	0,0	155,6
November	59,9	59,9	69,4	0,0	69,4
Dezember	43,6	43,6	53,0	0,0	53,0
<b>Summe</b>	<b>2.119,7</b>	<b>1.590,6</b>	<b>2.035,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2.035,0</b>

Tabelle 9: Energetische Kennwerte Photovoltaik-Anlage

<sup>1)</sup> erzeugter Strom (Berechnung nach EnEV 2014 (Anforderungen ab 2016), mit Standort **Potsdam**)

<sup>2)</sup> nach EnEV 2014 (Anforderungen ab 2016) §5 kann selbst erzeugter Strom vom Endenergiebedarf abgezogen werden, wenn dieser gebäudenah erzeugt und überwiegend selbst genutzt wird, ist der Betrag geringer als der erzeugte Strom, so ist der Endenergiebedarf geringer als der erzeugte Strom

<sup>3)</sup> erzeugter Strom am Standort des Gebäudes (**12345 Musterstadt**); dieser kann in einigen Fällen geringer als der in Spalte "abzugsfähig" angegebene Anteil sein, wenn am Standort geringere Sonneneinträge zu erwarten sind als am Standort Potsdam

<sup>4)</sup> der Anteil des selbstgenutzten Stroms wird mit 0,00 % angenommen

### 3 Gebäudeanalyse

In der Gebäudeanalyse wird das Gebäude in seinem derzeitigen Zustand energetisch bewertet. Aus der Gebäudeanalyse ergeben sich die Ansätze zu notwendigen und sinnvollen Sanierungsmaßnahmen.

#### 3.1 Energiebilanz des Gebäudes

Die Energiebilanz des Gebäudes wird unter den vorgegebenen Randbedingungen der EnEV rechnerisch ermittelt (siehe auch Kap. 1.4, S. 9).

#### Darstellung der Energieflüsse

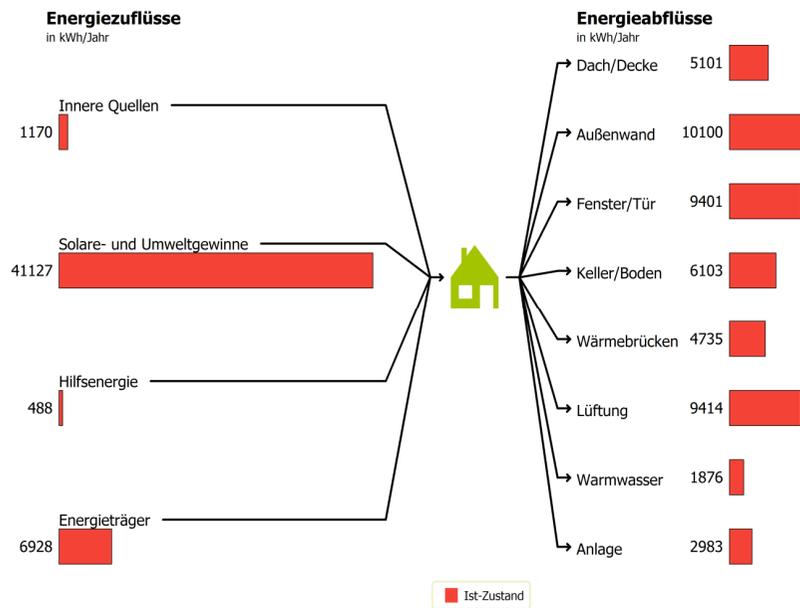


Abbildung 2: Darstellung der Energieflüsse

© ENVISYS - IWU/LEG individuell

#### 3.2 Gemessener Energieverbrauch

Der Energieverbrauch ist die Wärmemenge, die in den letzten Jahren tatsächlich verbraucht wurde. Sie wird auf Basis der von Ihnen gelieferten Verbrauchsmessungen ermittelt. Im Energieverbrauch werden damit das individuelle Nutzerverhalten der Bewohner und das tatsächliche Außenklima am Standort berücksichtigt. Die gemessenen Verbrauchswerte weichen daher in der Regel – so auch bei Ihnen – von der Bedarfsrechnung nach EnEV ab.

Folgende Energieverbräuche wurden in den letzten 4 Jahren von Ihnen bemessen:

- Stromverbrauch Haushalt
- Holz
- Stromverbrauch Wärmepumpe

Energieträger <sup>1</sup>	Verbrauchsjahr	Verbrauch	Durchschnittlicher Verbrauch
Strom Haushalt	2013	5.427,80 kWh	4.394,93 kWh
Strom Haushalt	2014	4.213,20 kWh	
Strom Haushalt	2015	4.028,70 kWh	
Strom Haushalt	2016	3.910,00 kWh	
Holz	2013	3,5 Ster	3,5 Ster entspricht 5.250,00 kWh
Holz	2014	3,5 Ster	
Holz	2015	3,5 Ster	
Holz	2016	3,5 Ster	
Strom Wärmepumpe	2013	4.003,30 kWh	3.475,50 kWh
Strom Wärmepumpe	2014	3.186,40 kWh	
Strom Wärmepumpe	2015	3.131,90 kWh	
Strom Wärmepumpe	2016	3.580,40 kWh	

Tabelle 10: Gemessener Energieverbrauch

<sup>1</sup> Für die Ermittlung der Energiekosten werden nur die Stromkosten betrachtet, welche für die Anlagen (Heizung, Trinkwarmwasser, etc.) verbraucht wurden. Die Stromkosten, welche den Haushalt betreffen, werden nicht berücksichtigt.

Folgende Annahmen wurden für die Ermittlung der Energiekosten getroffen:

- Strompreis: 0,27€ je kWh
- Holzpreis: 0,06€ je kWh

In den letzten Jahren betragen somit die jährlichen Kosten bei einem mittleren Energieverbrauch von ca. **8.003 kWh** pro Jahr ca. **2.443€**.

Während der Energieverbrauch durch die tatsächlichen Verbrauchswerte bestimmt wird, wird der Energiebedarf auf der Grundlage spezifizierter Angaben zum Gebäude rechnerisch ermittelt. Bei dem betrachteten Gebäude weichen diese Daten stark voneinander ab:

- **Energieverbrauch:** Der mittlere Energieverbrauch der letzten Jahre (tatsächlicher Verbrauch) beträgt **8.003 kWh/a**.
- **Energiebedarf:** Im Zuge des Berechnungsverfahrens LEG/IWU wurde ein Energiebedarf von **7.416 kWh/a** berechnet.

Daraus ergibt sich ein Faktor von **1,08** für die Verbrauchsanpassung. D.h. dass bei dem betrachteten Gebäude der tatsächliche Energieverbrauch 8% über dem berechneten Energiebedarf liegt.

Die Differenz zwischen dem rechnerisch ermittelten Endenergiebedarf des Objektes und dem gemessenen Endenergieverbrauch ergibt sich daher, dass:

- das Klima im betrachteten Zeitraum am Standort des Gebäudes etwas wärmer war als das langjährige Durchschnittsklima für die Berechnung des Energiebedarfs.
- das im Abschnitt "Nutzerverhalten" beschriebene Nutzerverhalten nicht dem für Bedarfsberechnungen angesetzten Durchschnitts-Nutzerverhalten entspricht.

Für die Berechnung der Amortisation der Investitionskosten wurde der Energiebedarf berücksichtigt. Somit kann die tatsächliche Amortisationsdauer davon abweichen.

### 3.3 Energetische Einstufung des Gebäudes

Aus der Analyse der Daten aus der Vor-Ort-Begehung sowie den verfügbaren weiteren Informationen wurde nach dem Berechnungsverfahren LEG/IWU ein Energiebedarf von **7.416 kWh/a** ermittelt.

Um eine Vergleichbarkeit der Energieausweise herzustellen wurde die Berechnung des Energiebedarfs auf der Grundlage der Energieeinsparverordnung 2014 (Anforderungen ab 2016), Anlage 1 in Verbindung mit der DIN V 4701-10 / 4108-6 durchgeführt.

	Ist-Zustand	EnEV Referenzgebäude <sup>1</sup>	Einheit
Jahresprimärenergiebedarf (QP)	45,10	78,30	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust (H'T)	0,709	0,351	W/(m <sup>2</sup> K)

Tabelle 11: Energetische Einstufung des Gebäudes

<sup>1)</sup> das Referenzgebäude beschreibt den Neubauzustand nach EnEV

Das folgende Bild zeigt Ihnen die Einordnung des Gebäudes gemäß EnEV 2014 (Anforderungen ab 2016).

© ENVISYS - DIN 4108-6 / 4701-10/12 nach EnEV

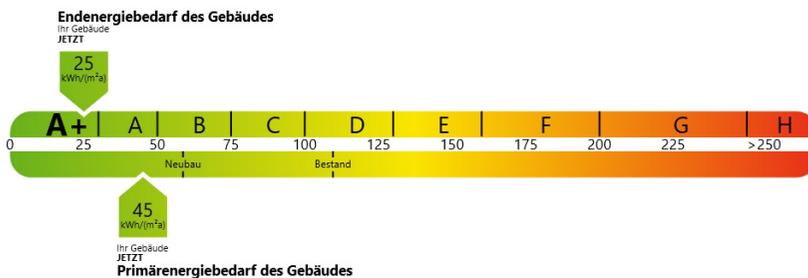


Abbildung 3: Energetische Einstufung des Gebäudes

## 4 Energetisches Sanierungskonzept

Aus der Analyse der einzelnen Bauteile und der Heizungs- und Trinkwarmwasseranlage wurden die im Folgenden dargestellten Energiesparmaßnahmen abgeleitet und unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet. Bei dem Sanierungskonzept Komplettsanierung wird der Standard für das Effizienzhaus-100 und bei dem Maßnahmenfahrplan das Effizienzhaus-115 erreicht.

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Energiesparmaßnahme werden lediglich die energetisch bedingten Investitionskosten herangezogen. Darin sind weder übliche Bauunterhaltskosten wie Maler- oder Spenglerarbeiten noch allgemeine Kosten einer Sanierung für z.B. Gerüste, Baustelleneinrichtung, Planungshonorare enthalten. Auch Kosten für Sanierungsarbeiten, die nicht zur energetischen Verbesserung beitragen (wie z.B. Abbruch und Entsorgungsarbeiten) werden nicht berücksichtigt. Die vollständige Kostenermittlung ist eine Planungsleistung im Rahmen der Sanierung und wird nicht über diesen Bericht abgedeckt.

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer oder länger ausfallen.

Die Kosten-Nutzen-Analyse dient somit vor allem als Vergleichsmaßstab der Energiesparmaßnahmen untereinander. Sie beinhaltet keine Prognose der Kostenentwicklungen in der Zukunft. Als heutige Energiekosten wurden für die Berechnung folgende Werte angesetzt:

- Heizöl 0,55 €/l entspricht 0,055 €/kWh
- Strom 0,270 €/kWh
- Holzpellets 0,25 €/kg entspricht 0,050 €/kWh

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme sollte allerdings nicht allein den Ausschlag zur Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme geben. Die untersuchten Energiesparmaßnahmen sind mit vielfachem Zusatznutzen verbunden. Genannt seien insbesondere der steigende Wohnkomfort, die Wertsicherung des Gebäudes, geringere Abhängigkeit von zukünftigen Energiepreissteigerungen sowie Aspekte der Ästhetik und des sozialen Umfeldes. Bei allen Entscheidungen zur Sanierung des Gebäudes sollten immer auch die größere Behaglichkeit z. B. durch höhere Wand- und Fußbodentemperaturen oder geringere Zuglufteffekte durch die neuen Fenster, Türen, Rollladenkästen und Dämmmaßnahmen im Dachbereich berücksichtigt werden. Da die zukünftigen Energiekostensteigerungen kaum einschätzbar sind, führen Investitionen in Energiesparmaßnahmen auch zu deutlich höherer Kostensicherheit. Die Folgekosten (Energiekosten) von heute nicht getätigten Investitionen in Energieeinsparung sind nicht kalkulierbar.

### 4.1 Gesamtsanierung in einem Zug

Durch die Gesamtsanierung (Komplettsanierung) des Gebäudes erreichen Sie den KfW-Effizienzhausstandard **KfW-Effizienzhaus-100**.

Zum Vergleich: Zum Zeitpunkt der Berichterstellung ist der beste energetische Standard ein KfW-Effizienzhaus-55.



Abbildung 4: Effizienzhausstandard

Wie oben bereits erläutert erreichen Sie mit den folgenden dargestellten Maßnahmen den Standard KfW-Effizienzhaus-100.

In der nachfolgenden Tabelle ist der Energiebedarf Ihres Gebäudes mit normierten Randbedingungen gegenüber den Mindestanforderungen des Referenzgebäudes nach EnEV dargestellt.

	Komplettsanierung	EnEV Referenzgebäude <sup>1</sup>	Anforderungen KfW 100	Anforderungen KfW 85
Jahresprimärenergiebedarf (QP)	21,1 kWh/(m²a)	78,3 kWh/(m²a)	78,3 kWh/(m²a)	66,5 kWh/(m²a)
Transmissionswärmeverlust (H'T)	0,371 W/(m²K)	0,351 W/(m²K)	0,403 W/(m²K)	0,351 W/(m²K)

Tabelle 12: Energetische Einstufung des Gebäudes

Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energiebedarfskennzahl vor und nach Durchführung der Maßnahmen, bezogen auf die beheizte Wohnfläche. Die Ermittlung der Kennzahl basiert auf den Vorgaben der EnEV, welche als Grundlage zur Beantragung von Fördermitteln der KfW-Förderbank dient.

© ENVISYS - DIN 4108-6 / 4701-10/12 nach EnEV

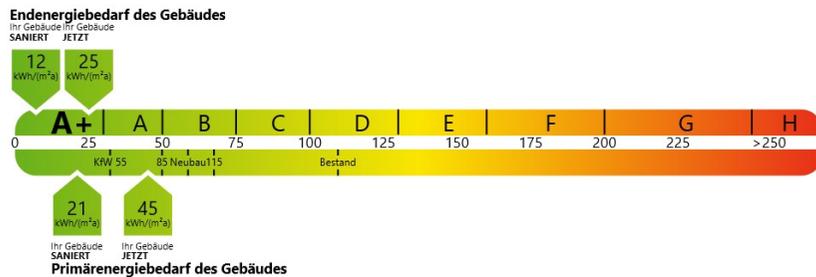


Abbildung 5: Energetische Einstufung des Gebäudes

Bei einer Sanierung in einem Zuge (Komplettsanierung) erhalten Sie die bestmögliche Förderung und können Synergien durch Kombination von Sanierungsmaßnahmen optimal nutzen. Eine Sanierung in einem Zuge ist damit das wirtschaftlichste Vorgehen bei der energetischen Gebäudesanierung.

Nachfolgend wird die Maßnahmenkombination „Komplettsanierung“ aufgelistet:

- 4.1.1 Fenster
- 4.1.2 hydraulischer Abgleich
- 4.1.3 Kellerwände
- 4.1.4 Dach
- 4.1.5 Giebelwände
- 4.1.6 Wärmebrücken Gleichwertigkeitsnachweis

Nachfolgend werden die Energiekosten nach der Sanierung, die Investitionskosten, die Fördermittel, die Einsparungen und das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Komplettsanierung dargestellt.

Energiekosten nach Sanierung [€/a]	energetisch bedingte Investitionskosten [€]	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5) [€]	Netto-Investition (abzügl. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Energiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	[%]	
949	38.268	18.958	19.310	3.899	1.053	52,60	18

Tabelle 13: Überblick Komplettsanierung

Nachfolgend werden die Maßnahmen und die damit verbundenen Kosten für jede Maßnahme individuell dargestellt. Weil in der Tabelle 13 alle Maßnahmen und in den folgenden Tabellen (Tabellen 14, 17, 19 und 23) nur die einzelne Maßnahme betrachtet werden, sind die Energiekosten nach der Sanierung in der Tabelle 12 geringer als bei der Betrachtung der Einzelmaßnahmen.

#### 4.1.1 Fenster

Bei der Sanierung der Fenster werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Austausch der Bestandsfenster von 1983 und 1995
- Austausch des Lichtbandes

Nachfolgend werden die Energiekosten nach der Sanierung, die Investitionskosten, die Fördermittel, die Einsparungen und das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahme „Fensteraustausch“ dargestellt.

Energiekosten nach Sanierung [€/a]	energetisch bedingte Investitionskosten [€]	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5) [€]	Netto-Investition (abzügl. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Energiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	[%]	
1.580	23.617	5.408	18.209	1.565	423	21,13	43 : 1

Tabelle 14: Überblick Fenster

### Austausch der Bestandsfenster von 1983 und 1995

Die vorhandenen Fenster haben ein hohes Alter und weisen Undichtigkeiten auf. Sie sollten durch neue Passivhausfenster mit gedämmten Rahmen ersetzt werden.

Bei Ausführung einer Fassadenaußendämmung sollten die Blendrahmen möglichst überdämmt werden und in der Dämmebene montiert sein. Ebenso muss auf Luftdichtigkeit der Rahmenanschlüsse zur Außenwand geachtet werden.

Ohne Verbesserung des Außenwand-Wärmedämmstandards besteht die Gefahr des Kondensatniederschlags an den Innenflächen der Außenwand und unter Umständen (z.B. ungünstige Lüftungsbedingungen) Schimmelbildung und Bauschäden.

Über dem Fenster eingebaute Rollladenkästen gelten als Schwachstellen, wenn sie nicht wärmegeklärt sind.

Beim Austausch der Fenster ist nach DIN 1946-6 ein Lüftungskonzept für das Gebäude zu erstellen.

*m<sup>2</sup> Kalkulationsgrundlage: Zweiflügeliges Holzfenster ca. 1,5 m<sup>2</sup> ohne Sprossen in einfacher Ausführung.*

Austausch der Bestandsfenster von 1983 und 1995				
Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m <sup>2</sup> ]	pauschal [€]	gesamt [€]	
21	715	-	14.965	25

Tabelle 15: Kosten: Austausch der Bestandsfenster

### Austausch des Lichtbandes

Die vorhandenen Fenster haben ein hohes Alter und weisen Undichtigkeiten auf. Sie sollten durch neue Passivhausfenster mit gedämmten Rahmen ersetzt werden. Dabei muss folgendes berücksichtigt werden:

- Bei der Ausführung muss auf die Luftdichtigkeit der Rahmenanschlüsse zum Dach geachtet werden.
- Beim Austausch der Fenster ist nach DIN 1946-6 ein Lüftungskonzept für das Gebäude zu erstellen.

*m<sup>2</sup> Kalkulationsgrundlage: Demontage des bisherigen Lichtbandes und Austausch durch neues in Passivhausqualität.*

Austausch des Lichtbandes				
Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m <sup>2</sup> ]	pauschal [€]	gesamt [€]	
9	1.000	-	8.652	25

Tabelle 16: Kosten: Austausch des Lichtbandes

### 4.1.2 Hydraulischer Abgleich

Sobald im Zuge einer Sanierung mind. 50% der Außenhülle gedämmt wird (was bei den vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen zutrifft), muss ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden. Der hydraulische Abgleich hat bei Ihrem Gebäude keine Auswirkung auf die energetische Kennzahlen. Um aber KfW-Fördermittel zu erhalten, ist dieser unumgänglich.

Nachfolgend werden die Energiekosten nach der Sanierung, die Investitionskosten, die Fördermittel, die Einsparungen und das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahme „hydraulischer Abgleich“ dargestellt.

Energiekosten nach Sanierung [€/a]	energetisch bedingte Investitionskosten [€]	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5) [€]	Netto-Investition (abzügl. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Energiebedarf [kWh/a]	Energiekosten		
					[€/a]	[%]	
2.002	300	-	300	0	0	0	-

Tabelle 17: Überblick hydraulischer Abgleich

hydraulischer Abgleich				
Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m <sup>2</sup> ]	pauschal [€]	gesamt [€]	
-	-	300	300	30

Tabelle 18: Kosten: hydraulischer Abgleich

#### 4.1.3 Kellerwände

Bei den Kellerwänden werden folgende Dämmmaßnahmen empfohlen:

- Dämmung der Innenwände zu unbeheizten Räumen
- Dämmung der Außenwände zum Erdreich
- Dämmung der Außenwände zur Außenluft (Wände oberhalb des Erdreichs)

Nachfolgend werden die Energiekosten nach der Sanierung, die Investitionskosten, die Fördermittel, die Einsparungen und das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahme „Kellerwände“ dargestellt.

Energiekosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitionskosten	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5)	Netto-Investition (abzügl. Förderung)	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Energiebedarf	Energiekosten		
[€/a]	[€]	[€]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	
1.690	4.024	922	3.102	1.158	313	15,63	10 : 1

Tabelle 19: Überblick Kellerwände

Es wird empfohlen, alle Kellerwände (alle 3 oben genannten Maßnahmen) mit Verbundplatten von Innen zu dämmen.

Als vorgefertigte Verbundelemente kommen Platten aus einer Dämmstoffschicht und einer Bauplatte (z.B. Faserzement, OSB oder Gipskarton) in Betracht.

Der Untergrund muss eben sein oder vorgeglättet werden, um eine Hinterlüftung der Dämmplatten auszuschließen. Die Verbundplatten werden vollflächig verklebt. Die Plattenstöße werden mit dafür zugelassenem Klebeband geschlossen oder gespachtelt.

Innendämmungen eignen sich vorzugsweise für Räume, die eher selten genutzt werden, schnell aufgeheizt werden sollen und für Gebäude, bei denen eine Außendämmung nicht möglich ist.

**Bauphysik:** Die Innendämmung verstärkt die Wärmebrückenwirkung von Geschosdecken und einbindenden Wänden, sofern diese nicht überdämmt werden. Die Außenwand trägt nicht mehr zur Wärmespeicherung bei. Feuchtigkeits- und Frostschäden können in den Übergangsbereichen verstärkt auftreten. Ob eine Dampfsperre anzubringen ist, sollte mit einer Berechnung der Dampfdiffusion nach DIN 4108 ermittelt werden.

**m<sup>2</sup> Kalkulationsgrundlage:** Dämmelementmontage, exklusive Untergrundvorbehandlung und Malerarbeiten.

Folgende Kosten werden für die Dämmung der Kellerwände angesetzt:

#### Dämmung der Innenwände zu unbeheizten Räumen

Dämmung der Innenwände zu unbeheizten Räumen				
Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m <sup>2</sup> ]	pauschal [€]	gesamt [€]	
37	40	-	1.497	40

Tabelle 20: Kosten: Dämmung Innenwände

#### Dämmung der Außenwände zum Erdreich

Dämmung der Außenwände zum Erdreich				
Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m <sup>2</sup> ]	pauschal [€]	gesamt [€]	
47	40	-	1.862	40

Tabelle 21: Kosten: Dämmung Außenwände I

#### Dämmung der Außenwände zur Außenluft (Wände oberhalb des Erdreichs)

Dämmung der Außenwände zur Außenluft (Wände oberhalb des Erdreichs)				
Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m <sup>2</sup> ]	pauschal [€]	gesamt [€]	
17	40	-	665	40

Tabelle 22: Kosten: Dämmung Außenwände II

#### 4.1.4 Dach

Bei der Sanierung des Dachs werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Untersparrendämmung des Satteldaches
- Dämmung des Flachdaches (Balkonboden)

Nachfolgend werden die Energiekosten nach der Sanierung, die Investitionskosten, die Fördermittel, die Einsparungen und das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahme „Dach“ dargestellt.

Energiekosten nach Sanierung [€/a]	energetisch bedingte Investitionskosten [€]	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5) [€]	Netto-Investition (abzügl. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Energiebedarf [kWh/a]	Energiekosten		
					[€/a]	[%]	
1.849	6.166	1.412	4.754	569	154	7,69	31 : 1

Tabelle 23: Überblick Dach

#### Untersparrendämmung des Satteldaches

Die Wärmedämmung unterhalb der Sparren hat den Vorteil, dass die Wärmebrückenwirkung der Sparren unterbunden wird. Auch kann meist die Deckung unangetastet gelassen werden. Als Material kommen feste Dämmplatten, Faserdämmmatten als Bahnenware oder Flockendämmstoffe (z.B. Zellulose) zum Einblasen zwischen eine Zusatz-Lattungsebene in Frage. Die Hinterlüftung und der Schutz vor Feuchtigkeit von außen sind zu gewährleisten; meist ist eine Unterspannbahn vorhanden, ansonsten kann mit bituminierter Plattenware gearbeitet werden.

**Bauphysik:** Dämmstoffe mit einer vergleichsweise größeren Wärmespeicherkapazität wie z.B. Holzweichfaser, Zellulose bieten gegenüber Mineral- und Steinwolle einen besseren sommerlichen Wärmeschutz und eignen sich daher vorzugsweise für sommerlich voll genutzte Dachräume. Die Dämmung sollte von der Innenseite z.B. durch eine dampfsperrende oder feuchteadaptive Ebene vor Feuchtigkeit geschützt werden. Wenn die Maßnahme zusätzlich zu einer bereits vorhandenen Dämmung durchgeführt wird, sollte vor der Ausführung eine Taupunktberechnung nach DIN 4108 erfolgen.

**m<sup>2</sup> Kalkulationsgrundlage:** Dämmstoffarbeiten exklusive Vorarbeiten und Plattenbekleidungen.

Untersparrendämmung des Satteldaches				
Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m <sup>2</sup> ]	pauschal [€]	gesamt [€]	
187	31	-	5.796	40

Tabelle 24: Kosten: Untersparrendämmung

#### Dämmung des Flachdaches (Balkonboden)

Im vorliegenden Fall werden für die Dämmung Bahnen- oder Plattendämmstoffe empfohlen. Diese werden auf dem bestehenden Oberbodenbelag (ohne Fliesen) angebracht.

**Bauphysik:** Transmissionswärmeverluste und sommerliche Wärmebelastungen der Innenräume unter der Decke werden spürbar reduziert. Eine Berechnung des Taupunktes wird empfohlen.

**Ausführungshinweise:** Zur Vermeidung von Wärmebrücken muss der Dämmstoff an allen Anschlüssen gut anliegen. Die Einbauhinweise der Hersteller sind zu beachten.

**m<sup>2</sup> Kalkulationsgrundlage:** Dämmstoffarbeiten exklusive Vorarbeiten und Plattenbekleidungen. Zusätzlich wurde bei der Kostenkalkulation von einem zugänglichen Dachzwischenraum ausgegangen. Muss die Dachhaut geöffnet werden, ist mit deutlich höheren Kosten zu rechnen.

Dämmung des Flachdaches (Balkonboden)				
Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m <sup>2</sup> ]	pauschal [€]	gesamt [€]	
10	37	-	370	40

Tabelle 25: Kosten: Dämmung Flachdach

#### 4.1.5 Giebelwände

Bei der Sanierung der Giebelwände wird empfohlen, beide Giebelseiten zu dämmen.

Nachfolgend werden die Energiekosten nach der Sanierung, die Investitionskosten, die Fördermittel, die Einsparungen und das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahme „Giebelwände“ dargestellt.

Energiekosten nach Sanierung [€/a]	energetisch bedingte Investitionskosten [€]	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5) [€]	Netto-Investition (abzügl. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Energiebedarf [kWh/a]	Energiekosten		
					[€/a]	[%]	
1.980	3.161	724	2.437	82	22	1,10	111 : 1

Tabelle 26: Überblick Giebelwände

Bei den Giebelwänden wird empfohlen, diese mit Kalziumsilikatplatten von Innen zu dämmen. Der Untergrund muss eben sein oder vorgeglättet werden, um eine Hinterlüftung der Dämmplatten auszuschließen. Die Platten werden vollflächig aufgeklebt, die Stöße verspachtelt. Die Wand kann danach tapeziert werden. Kalziumsilikatplatten sind weitgehend feuchteresistent und diffusionsoffen. Dampfsperren sind für diese Dämmart im Regelfall nicht erforderlich. Als Wandfarben oder Tapeten sollten ebenfalls nur diffusionsoffene Materialien zum Einsatz kommen.

**Bauphysik:** Die Innendämmung verstärkt die Wärmebrückenwirkung von Geschossdecken und einbindenden Wänden. Die Außenwand trägt nicht mehr zur Wärmespeicherung bei. Innendämmungen eignen sich vorzugsweise für Räume, die selten genutzt werden, schnell aufgeheizt werden sollen sowie für Gebäude, an denen eine Außendämmung nicht möglich ist.

**m<sup>2</sup> Kalkulationsgrundlage:** Vorglättpachtel und Dämmarbeiten exklusive Malerarbeiten.

Giebelwände dämmen				
Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m <sup>2</sup> ]	pauschal [€]	gesamt [€]	
40	80	-	3.161	40

Tabelle 27: Kosten: Dämmung Giebelwände

#### 4.1.6 Wärmebrücken Gleichwertigkeitsnachweis

##### Erläuterungen zur Maßnahme

Die gleichwertige Umsetzung aller im Beiblatt 2 der DIN 4108 dokumentierten Wärmebrücken wird nachgewiesen.

##### Eigenschaften der Maßnahme

Zustand der pauschal verbesserten Wärmebrücken: 0,05 W/(m<sup>2</sup>K) mit Gleichwertigkeitsnachweis

Es wurden dafür Kosten in Höhe von 1.000€ angesetzt.

### 4.2 Gesamtsanierung in Schritten (Maßnahmenfahrplan)

Die Komplettsanierung ist wirtschaftlich und energetisch sinnvoller als die Sanierung nach dem Maßnahmenfahrplan.

Dennoch wird nachfolgend ein Maßnahmenfahrplan dargestellt. Wenn eine schrittweise Sanierung gewünscht ist, können folgende Maßnahmenkombinationen empfohlen werden. Wichtig ist, dass die Maßnahmen nur dann energetisch sinnvoll sind, wenn alle durchgeführt werden. Bei den folgenden Berechnungen (Kosten, Amortisation, Förderungen, etc.) habe ich daher die Annahme getroffen, dass alle 3 Maßnahmenkombinationen durchgeführt werden (die 1. Maßnahmen 2017, die 2. Maßnahme 2018 und die 3. Maßnahme 2019). Sollte davon abgewichen werden, können sich die Kosten und die Fördermittel ändern.

Da die Maßnahmen aufeinander abgestimmt wurden, müssen die Maßnahmen in der folgenden Reihenfolge durchgeführt werden:

1. Austausch der Fenster und Durchführung eines hydraulischen Abgleichs
2. Dämmung der Kellerwände
3. Dämmung des Dachs

Die Schrittweise Sanierung führt ebenfalls (wie die Komplettsanierung) zu einem KfW-Effizienzhaus-115.



Abbildung 6: Effizienzhausstandard

In der nachfolgenden Tabelle ist der Energiebedarf Ihres Gebäudes mit normierten Randbedingungen gegenüber den Mindestanforderungen des Referenzgebäudes nach EnEV dargestellt.

	Maßnahmenfahrplan	Komplettsanierung	EnEV Referenzgebäude <sup>1</sup>	Anforderungen KfW 115
Jahresprimärenergiebedarf $Q_p$	24,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)	21,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)	107,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)	87,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H_T$	0,428 W/(m <sup>2</sup> K)	0,37 W/(m <sup>2</sup> K)	0,560 W/(m <sup>2</sup> K)	0,451 W/(m <sup>2</sup> K)

Tabelle 28: Energetische Einstufung des Gebäudes:

In der Tabelle 28 ist klar ersichtlich, dass bei einer Sanierung nach dem „Maßnahmenfahrplan“ der Primärenergiebedarf schlechter als bei der „Komplettsanierung“ ist. Der Grund hierfür ist, dass bei dem „Maßnahmenfahrplan“ die Dämmung der Giebelwände nicht empfohlen wird. Wenn die Dämmung der Giebelwände als Einzelmaßnahme durchgeführt wird (anstatt in einer Komplettsanierung), erhält man geringere Fördermittel. Dadurch ist die Dämmung der Giebel als Einzelmaßnahme nicht wirtschaftlich, weshalb sie bei der Erstellung des „Maßnahmenfahrplans“ nicht berücksichtigt wurde.

Das folgende Bild zeigt Ihnen die Energiebedarfskennzahl vor und nach der Durchführung der Maßnahmen, bezogen auf die beheizte Wohnfläche. Die Ermittlung der Kennzahl basiert auf den Vorgaben der EnEV, welche als Grundlage zur Beantragung von Fördermitteln der KfW-Förderbank dient.

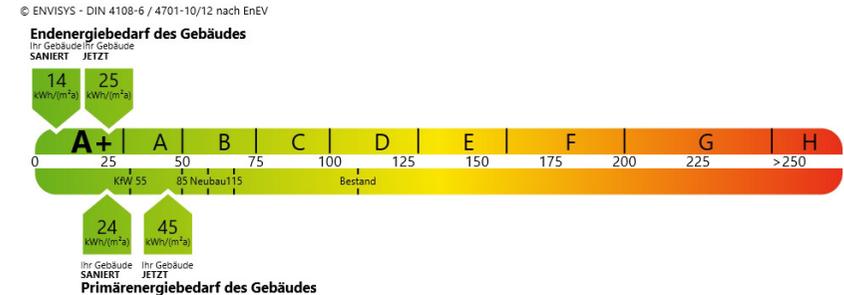


Abbildung 7: Energetische Einstufung des Gebäudes

In den nachfolgenden Tabellen (Tabellen 29-31) wird die wirtschaftliche Betrachtung der aufeinander abgestimmten Einzelmaßnahmen dargestellt:

#### 1. Maßnahmen:

##### Austausch der Fenster (Details siehe Kap. 4.1.1, S. 26)

(Bestandsfenster 1983 und 1995 und das Lichtband)  
Der Austausch der Fenster wird als 1. Maßnahme empfohlen, da von den Bestandsfenstern der höchste Energieverlust ausgeht und mit dieser Maßnahme somit das höchste Einsparpotential erzielt werden kann.

##### Durchführung hydraulischer Abgleich (Details siehe Kap. 4.1.2, S. 28)

Eine Durchführung des hydraulischen Abgleichs ist notwendig, um Fördermittel von der KfW zu erhalten (siehe Kap. 4.1.2, S. 28). Deshalb sollte auch dies zu Beginn der Sanierung durchgeführt werden.

Nachfolgend werden die Energiekosten nach der Sanierung, die Investitionskosten, die Fördermittel, die Einsparungen und das Kosten/Nutzen-Verhältnis der 1. Maßnahmen dargestellt.

Energiekosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitionskosten	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5)	Netto-Investition (abzügl. Förderung)	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Energiebedarf	Energiekosten		
[€/a]	[€]	[€]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	
1.580	23.917	5.408	18.509	1.565	423	21,13	44 : 1

Tabelle 29: Überblick 1. Maßnahmen

## 2. Maßnahmen:

### **Innendämmung der Kellerwände (Details siehe Kap. 4.1.3, S. 29)**

Dämmung der Innenwände zu unbeheizten Räumen der Außenwände

Nachfolgend werden die Energiekosten nach der Sanierung, die Investitionskosten, die Fördermittel, die Einsparungen und das Kosten/Nutzen-Verhältnis der 2. Maßnahmen dargestellt.

Energiekosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitionskosten	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5)	Netto-Investition (abzügl. Förderung)	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Energiebedarf	Energiekosten		
[€/a]	[€]	[€]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	
1.267	4.024	922	3.102	2.723	735	36,71	4 : 1

Tabelle 30: Überblick 2. Maßnahmen

## 3. Maßnahmen:

### **Innendämmung Dach (Details siehe Kap. 4.1.4, S. 31)**

Untersparrendämmung und Dämmung des Flachdaches (Balkon)

Nachfolgend werden die Energiekosten nach der Sanierung, die Investitionskosten, die Fördermittel, die Einsparungen und das Kosten/Nutzen-Verhältnis der 3. Maßnahmen dargestellt.

Energiekosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitionskosten	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5)	Netto-Investition (abzügl. Förderung)	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Energiebedarf	Energiekosten		
[€/a]	[€]	[€]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	
1.113	6.166	1.740	4.427	3.293	889	44,41	5 : 1

Tabelle 31: Überblick 3. Maßnahmen

## 4.3 Weitere energetische Schwachstellen und Energieeinsparmaßnahmen

**Anlagentechnik:** Wie in Kap. 1, S. 5 bereits erwähnt, wird eine Erneuerung der Anlagentechnik (Wärmepumpe in Kombination einer Solaranlage sowie einen Kachelofen) zum jetzigen Zeitpunkt nicht empfohlen (unwirtschaftlich). Sobald diese jedoch erneuert werden, empfiehlt es sich, zusätzlich folgende Maßnahmen zu ergreifen, um den Energieverbrauch weiter zu optimieren:

- Dämmungen der Leitungen (Heizung, Warmwasser, Zirkulation und Trinkwasser)
- Einbau von elektronischen Heizungspumpen

**Dachdämmung:** Zum aktuellen Zeitpunkt wird lediglich eine Untersparrendämmung empfohlen, da die Deinstallation der Solar- bzw. der Photovoltaikanlage vor und die erneute Installation nach einer potentiellen Sanierung unwirtschaftlich ist. Sobald jedoch eine neue Solar- bzw. Photovoltaikanlage installiert wird bzw. sonstige Arbeiten am Dach (z.B. aufgrund von Undichtigkeit) notwendig werden, empfiehlt es sich, das Dach von außen zu dämmen.

**Rollladenkästen:** Um Zugluft und Schimmelbildung zu vermeiden, sollten die vorhandenen Rollladenkästen von innen luftdicht verschlossen und mit Wärmedämmung komplett gefüllt werden. Neue Rollläden oder Jalousien können von außen auf die vorhandenen Rollladenkästen montiert werden. Die neuen Rollläden sollten elektrisch betrieben werden, um Undichtigkeiten über Wanddurchbrüche für Kurbeln zu vermeiden.

**Wärmebrücken an Eingangsvordach und Balkonen:** Eingangsvordach und Balkone können – soweit statisch möglich – abgetrennt und ersetzt werden. Ansonsten müssen sie von oben und unten wärmegeklärt werden, um Schimmelbildung an der raumseitigen Decke vorzubeugen. Gerade diese Problemzonen eines Hauses sollten von einer fachkundigen Person geplant und in der Ausführung überwacht werden.

**Luftdichtheit:** Im Zuge der Sanierungsmaßnahmen ist grundsätzlich bei der Planung und Ausführung auf Luftdichtheit aller Bauteile und Anschlüsse zu achten. Zur Sicherstellung des Mindestluftwechsels empfehlen wir, zumindest eine wohnungszentrale Abluftanlage einzubauen.

#### 4.4 Vergleich Ist Zustand mit Pelletkessel und Solaranlage (Trinkwasser + Heizung)

Der Auftraggeber wünschte eine wirtschaftliche Betrachtung einer neuen Heizungsanlage bestehend aus einem Pelletkessel in Kombination mit einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Trinkwassererwärmung. Der Kachelofen soll aus Komfortgründen erhalten werden und wird daher in nachfolgenden Berechnungen ebenfalls berücksichtigt.

Bei dieser gewünschten Variante würde die alte Heizungsanlage (Wärmepumpe) durch die neue ersetzt werden. Die bestehende Solaranlage (bisher nur Trinkwassererwärmung) müsste deinstalliert und durch eine neue Solaranlage (Trinkwassererwärmung und Heizung) ersetzt werden.

Deshalb werden in der nachfolgenden Tabelle der Primärenergiebedarf, die Transmissionswärmeverluste und die Wirtschaftlichkeit der Anlagenvariationen gegenübergestellt.

	Wärmepumpe (Ist-Zustand)	Wunsch Auftraggeber			Referenzgebäude Bestand nach EnEV	Anforderungen KfW 100
		Pelletkessel + Solaranlage	Pelletkessel	Solaranlage		
Jahresprimärenergiebedarf $Q_p$	45,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)	38,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	43,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)	39,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)	107,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)	78,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H_T$	0,71 W/(m <sup>2</sup> K)	0,56 W/(m <sup>2</sup> K)	0,403 W/(m <sup>2</sup> K)			

Tabelle 32: Vergleich: Ist-Zustand vs. Wunsch Auftraggeber

Wie in der obigen Tabelle ersichtlich ist, verbessert sich durch den Austausch der Anlagen lediglich der Primärenergiebedarf. Da es sich hierbei jedoch nur um eine sehr geringe Verbesserung handelt, ist diese Maßnahme nicht wirtschaftlich. Die Investitionskosten abzüglich der Fördermittel betragen **13.915€** und die jährliche Ersparnis beträgt lediglich **255€**. Um die Anschaffungskosten über die eingesparten Energiekosten zu amortisieren, benötigt man **55 Jahre**. Zinsen (Kreditzinsen bzw. möglich Anlagezinsen) wurden hierbei nicht berücksichtigt. Zusätzlich erhöht sich der Endenergiebedarf um 32.007kWh im Jahr. Aus ökologischer und wirtschaftlicher Sicht wird diese Maßnahme daher nicht empfohlen. Nachfolgend wurde dennoch die Wirtschaftlichkeitsberechnung der 3 gewünschten Varianten dargestellt.

#### Pelletkessel & Solaranlage

Energiekosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitionskosten	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5)	Netto-Investition (abzügl. Förderung)	prognostizierte Einsparungen		Kosten / Nutzen	
				Energiebedarf	Energiekosten		
[€/a]	[€]	[€]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	
1.747	18.048	4.133	13.915	-32.007	255	12,74	55 : 1

Tabelle 33: Kosten: Pelletkessel & Solaranlage

#### Pelletkessel

Energiekosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitionskosten	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5)	Netto-Investition (abzügl. Förderung)	prognostizierte Einsparungen		Kosten / Nutzen	
				Energiebedarf	Energiekosten		
[€/a]	[€]	[€]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	
1.988	12.000	2.748	9.252	-37.341	15	0,75	617 : 1

Tabelle 34: Kosten: Pelletkessel

#### Solaranlage zur Heizungsunterstützung

Energiekosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitionskosten	KfW Fördermittel (siehe Kap. 5)	Netto-Investition (abzügl. Förderung)	prognostizierte Einsparungen		Kosten / Nutzen	
				Energiebedarf	Energiekosten		
[€/a]	[€]	[€]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	
1.738	6.048	1.385	4.663	977	264	13,19	18 : 1

Tabelle 35: Kosten: Solaranlage

Nachfolgend wird der End- und Primärenergiebedarf dargestellt, wenn die alten Anlagen (Wärmepumpe und Solaranlage) durch neue Anlagen (Pelletkessel und Solaranlage mit Heizungsunterstützung) ersetzt werden würden. Beim Ist-Zustand ist der Endenergiebedarf geringer und liegt bei 25 kWh/(m<sup>2</sup>a). Nach dem Heizungstausch würde sich dieser auf 171 kWh/(m<sup>2</sup>a) verschlechtern (für den Ist-Zustand siehe Abbildung 3, S. 23).

© ENVISYS - DIN 4108-6 / 4701-10/12 nach EnEV

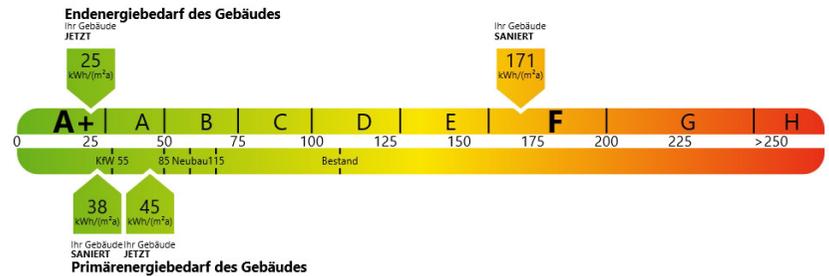


Abbildung 8: Darstellung Energiebedarf

## 5 Förderung

In sämtlichen zuvor durchgeführten Berechnungen wurden lediglich die KfW-Fördermittel berücksichtigt. Nachfolgend wird das KfW-Förderprogramm genauer erläutert:

Bei dem KfW-Förderprogramm „Energieeffizient Sanieren“ im KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ können Energiesparmaßnahmen entweder über ein zinsvergünstigtes Darlehen oder einen Zuschuss gefördert werden. Ein Zuschuss wird jedoch nur für Ein- oder Zweifamilienhäuser und Eigentumswohnungen gewährt. In der Kreditvariante erhalten Sie für Effizienzhäuser einen zusätzlichen Tilgungszuschuss auf das Darlehen abhängig vom erreichten Effizienzhaus-Niveau.

Die maximal förderfähigen Investitionskosten liegen für Einzelmaßnahmen bei 50.000€ je Wohneinheit und für ein Effizienzhaus bei 100.000€ je Wohneinheit – in Ihrem Fall also bis zu 100.000€. Das Förderprogramm kann bei einer Sanierung in Schritten auch mehrmals in Anspruch genommen werden. Der objektbezogene Förderhöchstbetrag darf jedoch insgesamt nicht überschritten werden.

Die tatsächliche Höhe der Förderung richtet sich nach den nachgewiesenen Kosten für die energetische Sanierung. Förderfähige Investitionen sind dabei nicht nur die durch die energetischen Maßnahmen unmittelbar bedingten „energetischen Investitionskosten“, sondern auch Planungs- und Baubegleitungsleistungen sowie Kosten notwendiger Nebenarbeiten, die zur ordnungsgemäßen Fertigstellung und Funktion des Gebäudes erforderlich sind, können förderfähig sein.

Deshalb wird empfohlen, für die Sanierung eine Baubegleitung durch einen Sachverständigen in Anspruch zu nehmen. Für Energieeffizienzhäuser ist die Betreuung durch einen Sachverständigen verpflichtend. Die bei der energetischen Fachplanung und Begleitung der Baumaßnahme mindestens zu erbringenden Leistungen des Sachverständigen sind im Programm "Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Baubegleitung" (431) förderfähig aufgelistet.

So werden bei einer förderfähigen energetischen Sanierung auch eventuell ohnehin fällige Instandhaltungskosten oder Nebenkosten, die auch bei nicht förderfähiger Sanierung anfallen würden, mitgefördert. Die Förderung dieser Kosten wird daher bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der energetischen Sanierung zugeschlagen und von den energetisch bedingten Investitionskosten abgezogen.

Nachfolgend werden die KfW-Fördermittel der jeweiligen Maßnahmen abgebildet. Alle Fördermittel entsprechen den aktuellen Förderprogrammen zum Zeitpunkt der Berichterstellung.

## Fördermittel für die Komplettsanierung in einem Schritt

Sanierungsmaßnahme	energetisch bedingte Investitionskosten	Förderbetrag	Netto Investition (abzügl. Förderung)
Komplettsanierung	38.268€	18.958€	19.310€

Tabelle 36: Überblick Fördermittel Komplettsanierung

## Fördermittel für die Sanierung nach dem Maßnahmenfahrplan

Um die volle Höhe der in der Tabelle 37 dargestellten Fördermittel zu erhalten, müssen alle 3 der aufeinander abgestimmten Maßnahmen durchgeführt werden.

Sanierungsmaßnahme	energetisch bedingte Investitionskosten	Förderbetrag	Netto Investition (abzügl. Förderung)
Fenster & hydraulischer Abgleich	23.917€	5.408€	18.509€
Keller	4.024€	922€	3.102€
Dach	6.166€	1.740€	4.427€

Tabelle 37: Überblick Fördermittel Maßnahmenfahrplan

## Fördermittel für die Sanierung von Einzelmaßnahmen

In der Tabelle 38 werden die Fördermittel dargestellt, die Sie erhalten, wenn Sie lediglich einzelne Maßnahmen umsetzen.

*Hinweis: Wenn Sie mehr als 50% Ihrer Außenhülle dämmen (siehe Kap. 4.1.2, S.28), müssen Sie immer einen hydraulischen Abgleich durchführen, um KfW-Fördermittel zu erhalten.*

Sanierungsmaßnahme	energetisch bedingte Investitionskosten	Förderbetrag	Netto Investition (abzügl. Förderung)
Fenster	23.617€	5.408€	18.209€
hydraulischer Abgleich	300€	-	300€
Keller	4.024€	922€	3.102€
Dach	6.166€	1.412€	4.754€

Tabelle 38: Überblick Fördermittel Einzelmaßnahmen

Nachfolgend werden die Datenbanken bzw. Internetadressen aufgeführt, in denen die Fördermittel geregelt werden.

**Datenbanken:**

Kreditanstalt für Wiederaufbau	<a href="http://www.kfw.de">www.kfw.de</a>
Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft	<a href="http://www.solarfoerderung.de">www.solarfoerderung.de</a>
Der Solarserver	<a href="http://www.solarserver.de/geld.htm">www.solarserver.de/geld.htm</a>
Energieförderung BINE	<a href="http://www.energiefoerderung.info">www.energiefoerderung.info</a>
Fördermitteldatenbank	<a href="http://www.foerderdata.de">www.foerderdata.de</a>

**Internetadressen:**

Deutsche Energie-Agentur (dena)	<a href="http://www.zukunft-haus.info">www.zukunft-haus.info</a>
Deutsches Energieberater-Netzwerk e.V.	<a href="http://www.deutsches-energieberaternetzwerk.de">www.deutsches-energieberaternetzwerk.de</a>
Energieprojekte BINE	<a href="http://www.energie-projekte.de">www.energie-projekte.de</a>
Bund der Energieverbraucher	<a href="http://www.energienetz.de">www.energienetz.de</a>
Gebäudeenergieberater im Handwerk Bundeslandverband	<a href="http://www.gih-bv.de">www.gih-bv.de</a>
Bundesverband für Umweltberatung e.V. (bfub)	<a href="http://www.umweltberatung.org">www.umweltberatung.org</a>
Bau Ingenieure Architekten Gutachter - Sachverständigen-gemeinschaft	<a href="http://www.biag-sv.de">www.biag-sv.de</a>
ENVISYS energy consulting	<a href="http://www.envisys.de">www.envisys.de</a>
Gerätelisten	<a href="http://www.spargeräte.de">www.spargeräte.de</a>