

Beratungsbericht

gemäß der Richtlinie über die Förderung der Energieberatung in
Wohngebäuden vor Ort - Vor-Ort-Beratung -
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie
vom 11. Juni 2012

Gebäude: Beispiel BAFA-Energieberatung
 Musterweg 123
 80336 München

Bauherr: Herr Sebastian Mustermann
 Mittererstraße 3
 80336 München

Ersteller: Lieb Obermüller + Partner
 Andreas Obermüller
 Mittererstraße 3
 80336 München

Projekt: BAFA
Datum: 22.10.2012

Hinweise

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten.

Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung des Gebäudeeigentümers. Um den Erfolg zu sichern und Bauschäden aufgrund der bauphysikalischen Problematik im Altbau zu vermeiden, sollte eine sorgfältige fachliche Planung vor Durchführung sowie eine Überwachung während der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen erfolgen.

Dieser Beratungsbericht beinhaltet keinerlei Planungsleistungen insbesondere im Bereich von energetischen Nachweisen oder Fördergeldanträgen, Kostenermittlung, Ausführungsplanung oder Bauphysik. Die Berechnungen des vorliegenden Berichts basieren auf den Geometriedaten des unsanierten Gebäudes. Für sämtliche energetischen Nachweise sind grundsätzlich die Geometriedaten der Sanierungsplanung zugrunde zu legen. Die angegebenen Investitionskosten sind grobe Schätzungen. Die genauen Baukosten sollten durch Vergleichsangebote ermittelt werden. Die Annahmen zu Baukonstruktion und Anlagentechnik sind bei Durchführung der Maßnahmen vor Ort zu prüfen.

1 Zusammenfassung

1.1 Empfehlungen für Gesamtsanierung in einem Zug

Um die Sanierungsmaßnahmen

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

empfehle ich grundsätzlich die Durchführung aller Maßnahmen in einem Zug.

Folgende Maßnahmen sollten entsprechend Maßnahmenkombination „KfW 85“ ausgeführt werden:

- **Wärmedämmung der Außenwände, Dachfläche, Kellerdecke und Kellerinnenwände im Treppenhaus**
- **Austausch der Fenster, Dachflächenfenster, Glasbausteine und Haustüre**
- **Einbau eines Pelletheizkessels mit Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung sowie Sanierung der Heizungsanlage**
- **Luftdichtheitsnachweis des Gebäudes nach Fertigstellung der Maßnahmen**

Gegenüber einer Sanierung in Schritten hat die in einem Zug durchgeführte Sanierung zwei Vorteile:

1. Aufgrund der deutlich höheren Förderung für das KfW-Effizienzhaus 85 sind die energetisch bedingten Investitionskosten abzüglich Förderung deutlich niedriger als bei schrittweiser Sanierung mit Brennwertkessel.
2. Die jährlichen Energiekosten liegen etwa 400 € niedriger als bei einer Sanierung in Schritten, und das schon im ersten Winter nach der Sanierung.

Die Mehrkosten für die neue Pellet-Heizanlage sind bei einer Sanierung in einem Zug also komplett durch öffentliche Fördermittel finanzierbar.

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 Gesamtsanierung 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 jedoch auch dabei die Maßnahmen zu kleineren Pakten zu kombinieren.

Daher empfehle ich Ihnen bei schrittweiser Sanierung die Maßnahmenkombinationen in der folgenden Reihenfolge zur Ausführung:

- 1. Heizung: Einbau eines Brennwertkessels mit Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung sowie Sanierung der Heizungsanlage**
- 2. Keller: Wärmedämmung der Kellerdecke und Kellerinnenwände im Treppenhaus**
- 3. Dach: Wärmedämmung der Dachfläche und Austausch der Dachflächenfenster**
- 4. Fassade: Wärmedämmung der Außenwände und Austausch der Fenster, Glasbausteine und Haustüre**

Diese Maßnahmenkombinationen führen insgesamt zu einem KfW-Effizienzhaus 115 entsprechend Maßnahmenkombination „KfW 115“.

Da die Fassadensanierung im letzten Schritt erfolgt, muss der Bestand der eigentlich ebenfalls sanierungsbedürftigen Fenster durch deren Pflege und Instandhaltung so lange gesichert werden.

Die im Rahmen der Energieberatung untersuchten Einzelmaßnahmen sind grundsätzlich auf die aktuellen Bundesförderprogramme der Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW (Energieeffizient Sanieren – Einzelmaßnahmen) und des Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien abgestimmt und förderfähig. Bei der Durchführung von Dämmmaßnahmen, welche den Heizwärmebedarf des sanierten Gebäudes um mehr als 25 % reduzieren, ist zur Förderfähigkeit zusätzlich ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage durchzuführen.

1.3 Übersicht aller Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen

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

Folgende Maßnahmenkombinationen werden dabei untersucht und verglichen:

- 1 Kombination Heizung
- 2 Kombination Keller
- 3 Kombination Dach
- 4 Kombination Fassade
- 5 Kombination KfW 115 (erfüllt KfW-Effizienzhaus 115)
- 6 Kombination KfW 85 (erfüllt KfW-Effizienzhaus 85)

Maßnahme	Ausführungsempfehlung	Maßnahmenkombination					
		1	2	3	4	5	6
Außenwände	Wärmedämmverbundsystem aus 18cm Polystyrol oder Mineralfaser mit WLG 035. verputzt				●	●	●
Fenster und Haustüre	Austausch der Fenster mit 3-Scheiben-Verglasung mit $U_w = 0.95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und Haustüre mit $U_w = 1.3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$				●	●	●
Dach	Wärmedämmung aus je 14cm Polystyrol oder Mineralfaser WLG 035 zwischen und auf den Sparren			●		●	●
Dachfenster	Austausch der Fenster mit 3-Scheiben-Verglasung mit $U_w = 1.0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$			●		●	●
Kellerdecke	Mehrschichtplatten unter der Kellerdecke aus 8cm Polyurethan mit WLG 025		●			●	●
Kellerinnenwände Treppenhaus	Mehrschichtplatten auf Kellerseite aus 8cm Polystyrol oder Mineralfaser mit WLG 035		●			●	●
Heizungssanierung mit Pelletskessel und Solaranlage	Pelletskessel mit Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung sowie Leitungsdämmung und neue Regelung mit hydraulischem Abgleich; geregelte Pumpen						●
Heizungssanierung mit Brennwertkessel und Solaranlage	Öl-Brennwertkessel mit Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung sowie Leitungsdämmung und neue Regelung mit hydraulischem Abgleich; geregelte Pumpen	●				●	
	Luftdichtheitsnachweis der Gebäudehülle mittels Druckdifferenz-Messung					●	●

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 und so die Vergleichbarkeit mit anderen Gebäuden und mit Förderprogrammen gewährleistet.

Der gemessene Energieverbrauch weicht in der Regel – so auch bei Ihnen – von diesen Berechnungsergebnissen ab. Ihr gemessener durchschnittlicher Energieverbrauch der letzten drei Heizperioden liegt bei etwa 81 % des berechneten Energiebedarfs.

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

- Energiekosteneinsparungen um bis zu 90 %.
- Langfristige Absicherung Ihres Lebensstandards durch überschaubare Heizkosten.
- Kostensicherheit durch geringere Abhängigkeit von Energiepreisschwankungen.
- Steigerung des Wohnkomforts und höhere Behaglichkeit durch Vermeidung von Zugerscheinungen, höhere Oberflächentemperaturen, bessere Temperaturverteilung im Raum, Vermeidung von Fußkälte und verbesserten sommerlichen Wärmeschutz.
- Verbesselter Schallschutz durch neue Fenster und Wärmedämmung.
- 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.
- Imageaufwertung und Beitrag zur Verbesserung des sozialen Umfeldes.
- Gutes ökologisches Gewissen durch umweltfreundliches Gebäude.

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 - bis zu einer Höhe von derzeit 6.000,-- €/Jahr mit 20% (höchstens 1.200,-- €) Steuer mindernd in der Einkommensteuererklärung geltend machen. Fragen Sie zu diesem Thema ihren Steuerberater! Diese steuerlichen Vorteile sind in den folgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen nicht berücksichtigt.

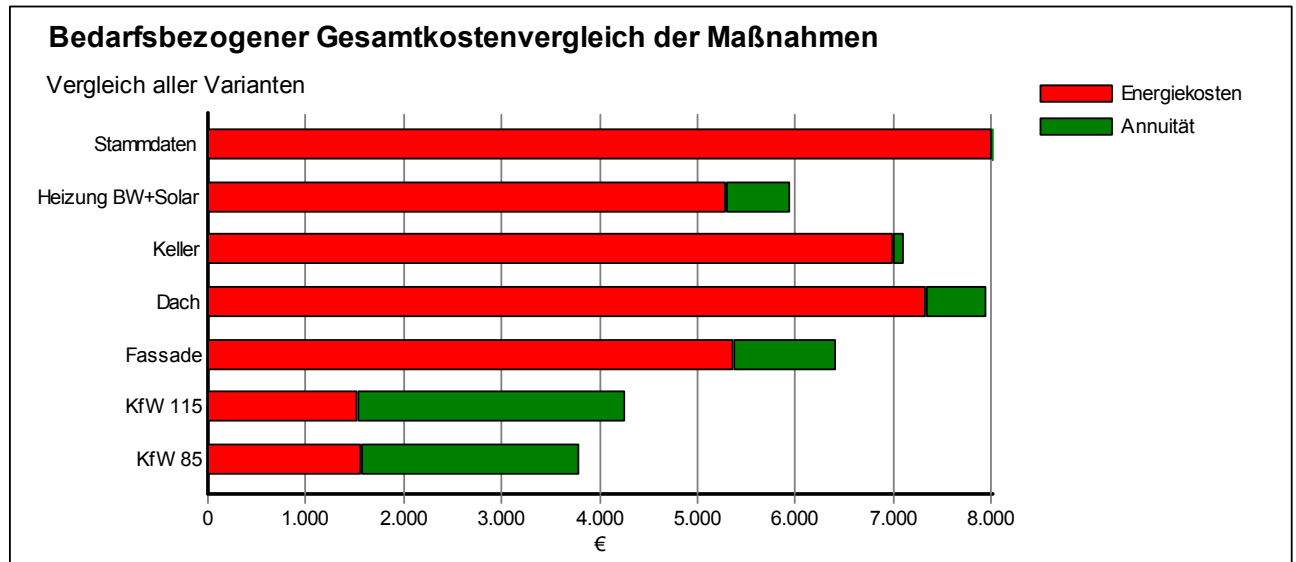
1.6.1 Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen

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

Istzustand vor Sanierung		8.017 €/a Energiekosten 83.192 kWh/a Endenergiebedarf					
Maßnahmen- kombination	Energie- kosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitions- kosten	öffentliche Fördermittel	prognostizierte Einsparungen			Kosten/ Nutzen
				Energie- bedarf	Energiekosten		
					€/a	%	
	€/a	€	€	kWh/a	€/a	%	
Heizung	5.304	22.000	2.656	28.965	2.714	35	7 : 1
Keller	7.015	3.200	0	10.551	1.002	13	3 : 1
Dach	7.351	21.000	2.535	7.010	666	8	28 : 1
Fassade	5.379	36.000	4.346	27.770	2.638	33	12 : 1
KfW 85	1.579	85.200	18.216	61.511	6.438	74	10 : 1

Sind die marktüblichen Zinsen – wie derzeit der Fall – geringer als die Energiepreisteigerung, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme weiter. Schon bei einer Energiepreisteigerung von jährlich 5 % verdoppeln sich die Energiekosten alle 14 Jahre.

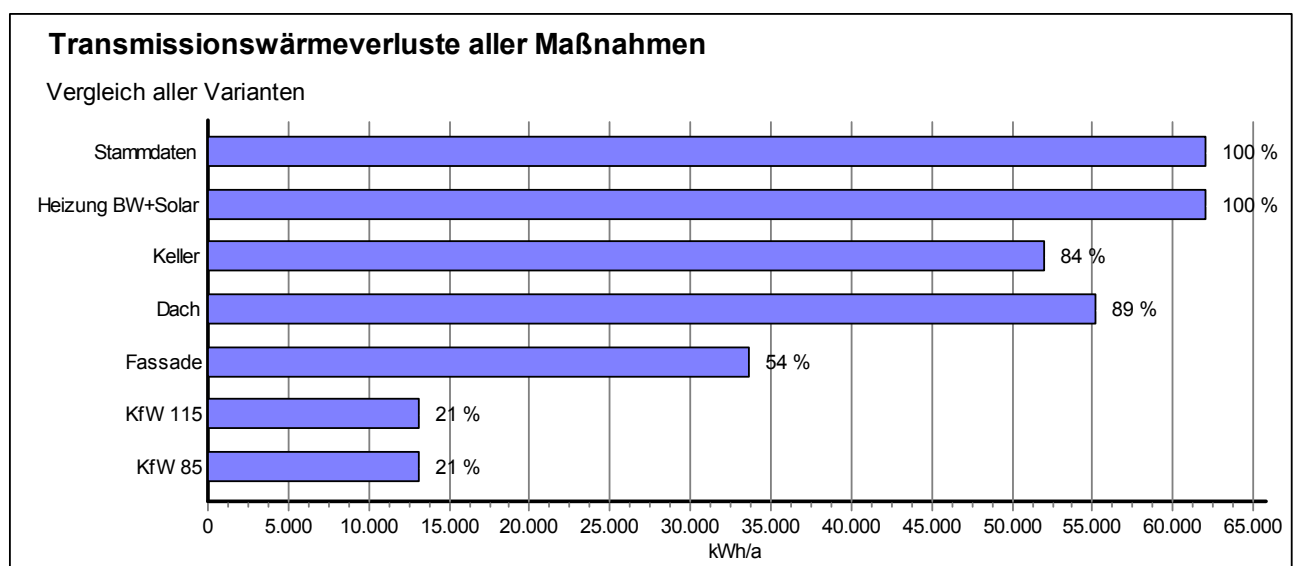
1.6.2 Vergleich der jährlichen energetisch bedingten Gesamtkosten



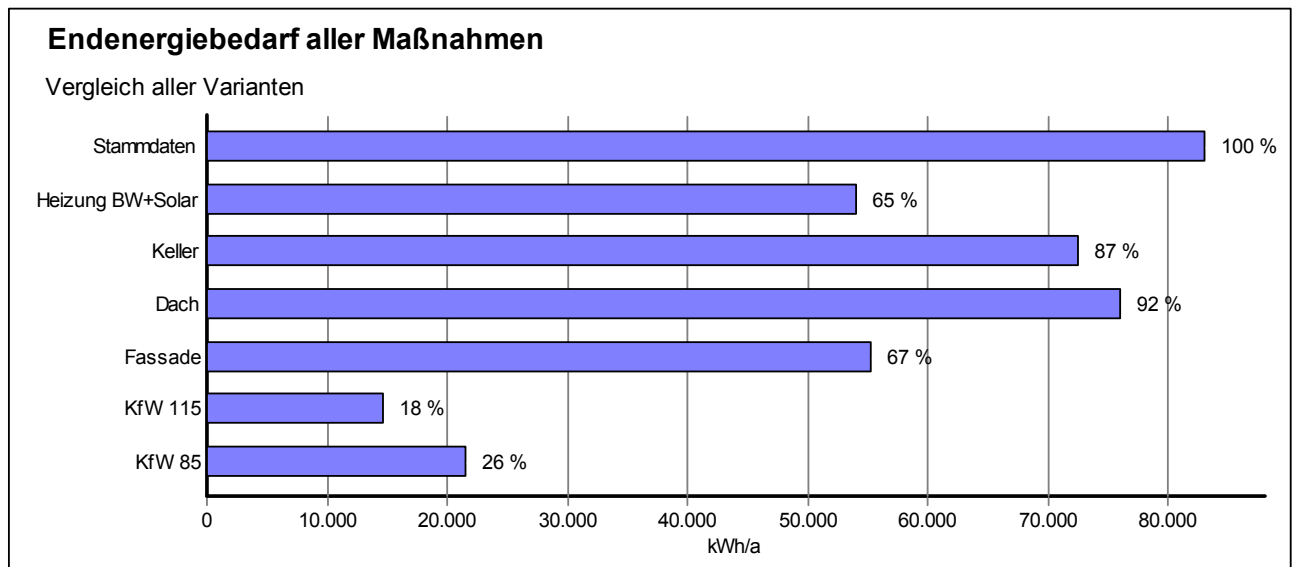
Die energetisch bedingten Gesamtkosten einer Maßnahme setzen sich aus den Energiekosten und den auf 30 Jahre umgelegten energetisch bedingten Investitionskosten abzüglich öffentlicher Fördermittel zusammen. Sie zeigen, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen bei Sanierung in einem Zuge und Finanzierung über 20 Jahre schon kurzfristig zu geringerer jährlicher Belastung führen werden als die Energiekosten Ihres Gebäudes ohne Sanierung. Die Energiekosteneinsparungen kommen zu etwa 40 % Ihnen direkt zugute. In den Mietwohnungen können Sie die Jahresmiete um bis zu 11 % der dafür aufgewendeten Kosten der energetischen Sanierung erhöhen, maximal jedoch bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete eines sanierten Gebäudes. Sowohl im Istzustand als auch im sanierten Zustand fallen zusätzlich die üblichen Sanierungs- und Bauunterhaltskosten an.

1.7 Energie- und Schadstoffeinsparungen

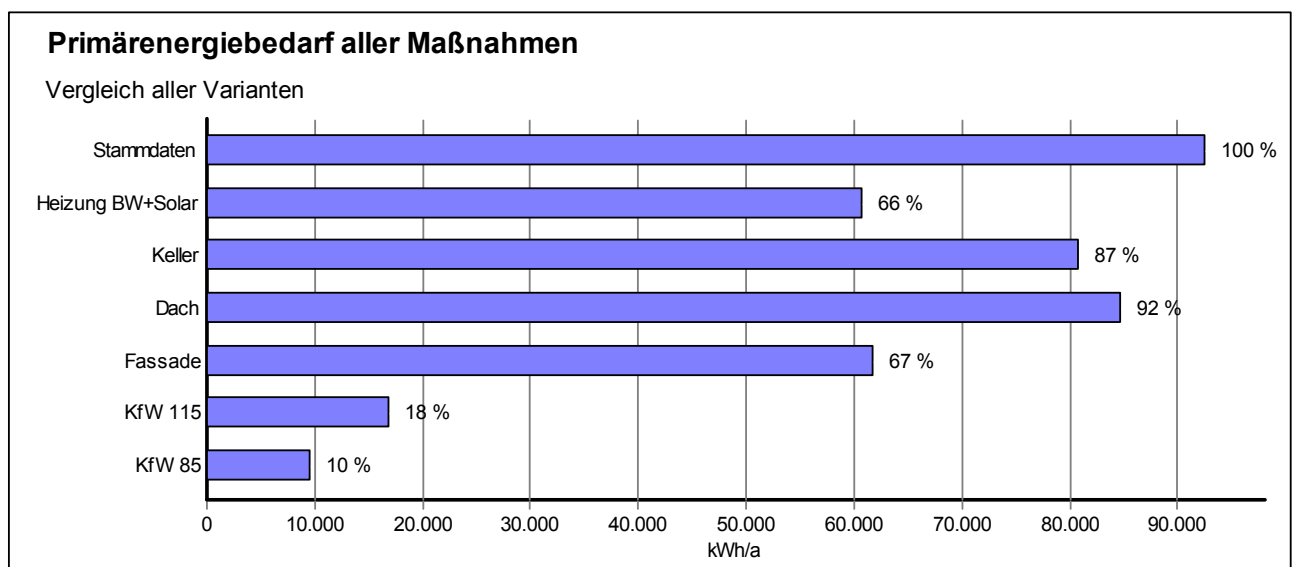
1.7.1 Reduktion der Transmissionswärmeverluste in kWh/a



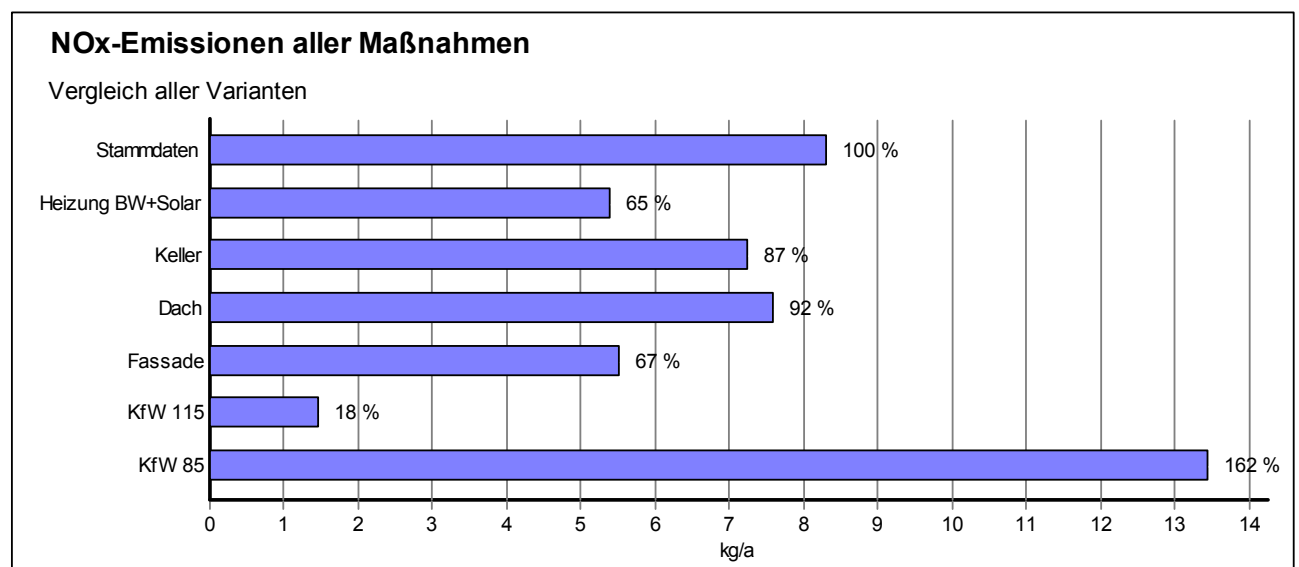
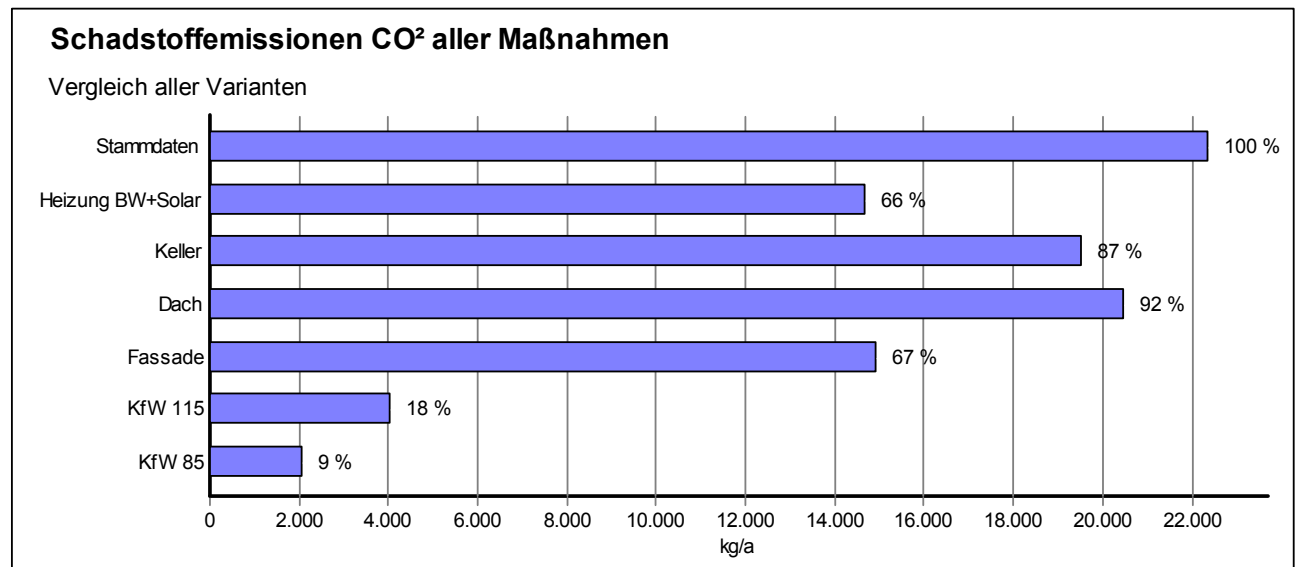
1.7.2 Reduktion des Endenergiebedarfes (Brennstoffbedarf) in kWh/a



1.7.3 Reduktion des Primärenergiebedarfes (ökologische Bewertung) in kWh/a



1.7.4 Reduktion der Schadstoffemissionen



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 Niedertemperatur oder Brennwertkessel sind und vor dem 01.10.1978 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 10 % des jährlichen Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Diese Pflicht gilt als erfüllt, wenn eine Solaranlage mit einer Größe von 0,04 m² Kollektorfläche pro m² 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

Werden in einem Mehrfamilienhaus mehr als 1/3 der vorhandenen Fenster ausgetauscht, ist für das gesamte Gebäude ein Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 zu erstellen.

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 Ihres Gebäudes

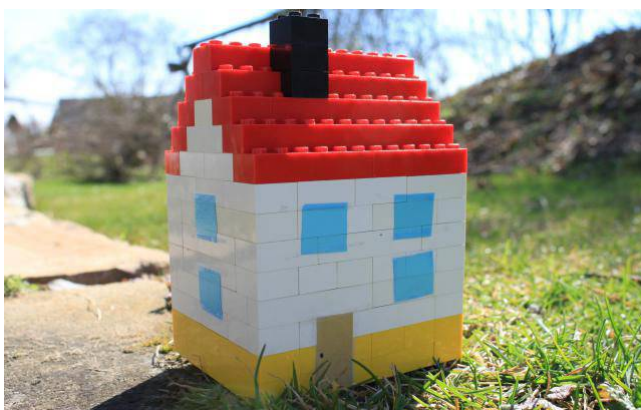
2.1 Zusammenfassung der Gebäudedaten

Gebäudetyp	Einfamilienhaus
Standort	München
Baujahr	1955
Lage	geschützte Lage innerhalb einer Wohnsiedlung
beheizte Wohnfläche	175,0 m ²
beheizte Nutzfläche AN	277 m ²
beheiztes Volumen	864 m ³
Anzahl Bewohner	2
Vollgeschosse	2
Wohneinheiten	1
A/Ve-Verhältnis	0,65

2.2 Ansichten des Gebäudes



Ansicht Nordost



Ansicht Nordwest



Ansicht Südwest



Ansicht Südost

2.3 Baulicher Zustand und Wärmedämmung der Gebäudehülle

Gebäudezustand allgemein	Das Gebäude ist im Kern in gutem baulichem Zustand. Es sind keine baulichen Mängel und Schäden am Gebäudekern (Durchfeuchtung, Risse, ...) erkennbar.
Außenwände	24 cm Mauerwerk (Ziegel), beidseitig verputzt, ungedämmt Die Außenwände sind frisch gestrichen und baulich in sehr gutem Zustand.
Fenster	teilweise Isolierglas, teilweise Verbundfenster in Holzrahmen ohne Lippendichtung, Dachflächenfenster nicht winddicht angeschlossen Die Fenster sind in schlechtem Zustand und müssen in absehbarer Zeit erneuert werden
Haustüre	Holztüre, Glasbausteine
Kellergeschoss	unbeheizt Kellerdecke: Betondecke mit minimaler Trittschalldämmung, niedrige Raumhöhe (ca. 2,05 m) Trennwände zum beheizten Treppenhaus: 24 cm Mauerwerk, ungedämmt, Türen ungedämmt und undicht
Dachgeschoss	teilweise ausgebaut Dachschräge und Abseitenwände: leicht wärmegeklämmt Obergeschossdecke zur Abseite: ungedämmt
Wärmetechnische Schwachstellen (Wärmebrücken)	Obergeschossdecke zu Abseiten, auskragende Balkonplatten und Eingangsvordach, Rollladenkästen, Fenster/Dachflächenfenster, Haustüre mit Glasbausteinen,
Undichtigkeiten der Gebäudehülle	Fenster ohne Lippendichtung, Rollladenkästen, Anschluss der Dachflächenfenster, Kellertüren ohne Dichtungen
frühere wärmetechnische Investitionen	keine

2.4 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

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 gesetzlichen Mindestanforderungen der EnEV (Energie-Einspar-Verordnung) und den Mindestanforderungen für eine Förderung von einzelnen Sanierungsmaßnahmen durch die KfW-Förderbank (Kreditanstalt für Wiederaufbau) verglichen.

Die U-Werte der Bauteile Ihres Gebäudes wurden unter Annahme üblicher baujahrspezifischer Materialqualitäten und Schichtdicken ermittelt. Die Berechnungen der U-Werte befinden sich im Anhang.

U-Werte der Gebäudehülle

Bauteil	U-Werte [W/(m²K)]			
	Ist-Zustand	EnEV ¹⁾	KfW-Förderung ²⁾	energetische Bewertung des Bestandes
Außenwand	1,40 W/(m²K)	0,24	0,20	sehr schlecht
Dach	0,64 W/(m²K)	0,24	0,14	schlecht
Abseitenwand	0,60 W/m²K	0,30	0,14	schlecht
Decke zum kalten Dachraum	1,29 W/(m²K)	0,30	0,14	sehr schlecht
Kellerdecke	1,80 W/(m²K)	0,30	0,25	sehr schlecht
Kellerbodenplatte	0,00 W/(m²K)	0,50	0,25	sehr schlecht
Kelleraußenwand	0,00 W/(m²K)	0,30	0,25	sehr schlecht
Trennwand zum kalten Keller	1,88 W/m²K	0,30	0,25	sehr schlecht
Fenster	2,70 W/(m²K)	1,30	0,95	sehr schlecht

¹⁾ Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren der EnEV 2009 gelten nicht, wenn der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes den Höchstwert für einen entsprechenden Neubau um nicht mehr als 40 % überschreitet. Die nächste EnEV-Novelle ist für 2013 geplant.

²⁾ Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderung gelten nicht für die Förderung von KfW-Effizienzhäusern. Die Anforderungen Stand Juli 2012 können jederzeit aktualisiert werden.

2.5 Heizungsanlage

allgemein	gebäudezentrale Heizungsanlage, Vor-/ Rücklauftemperatur 70/55 °C, leicht überdimensioniert, kein hydraulischer Abgleich der Anlage, Baujahr 1968, voll funktionsfähig, keine technischen Mängel erkennbar, aber stark veraltet und ineffizient Bei veralteter Anlagentechnik muss ständig mit Versagen gerechnet werden. Eine grundlegende Sanierung der Anlagentechnik ist dringend zu empfehlen.
Wärmeerzeuger	Standardkessel Baujahr 1968, Gebläsebrenner von 1991, Nennwärmeleistung: 34,65 kW, Abgasverlust: 7 %, Brennstoff: Heizöl, Heizöltank: 4 x 2000 l sehr hohe Bereitschaftsverluste, angenommener Jahresnutzungsgrad: 82 % Aufstellung im unbeheizten Keller, Aufstellraum sehr warm
Speicher	kein Heizkreis-Pufferspeicher

2.6 Trinkwarmwasseranlage

allgemein	Gebäudezentrale Trinkwarmwasseranlage, Baujahr 1968, voll funktionsfähig, keine technischen Mängel erkennbar, aber stark veraltet und ineffizient
Wärmeerzeuger	Heizkessel angesetzter Jahresnutzungsgrad zur Warmwasserbereitung: 51 %
Speicher	indirekt beheizter Trinkwarmwasserspeicher, Speichervolumen 300 l, mäßig wärmegeklämmt Aufstellung im unbeheizten Keller (Heizraum)
Verteilung	horizontale Verteilleitungen im unbeheizten Keller unter der Decke, mäßig wärmegeklämmt aber gut zugänglich, Abstand zur Decke ca. 5 cm vertikale Strangleitung in Installationsschacht, nicht zugänglich, mäßig wärmegeklämmt Stichleitungen in gemeinsamer Installationswand für Küche und Bad, mäßig wärmegeklämmt, schwer zugänglich keine Zirkulation
besondere Schwachstellen	schlechte Wärmedämmung des Speichers, schlechte Leitungsdämmung

3. Gebäudeanalyse

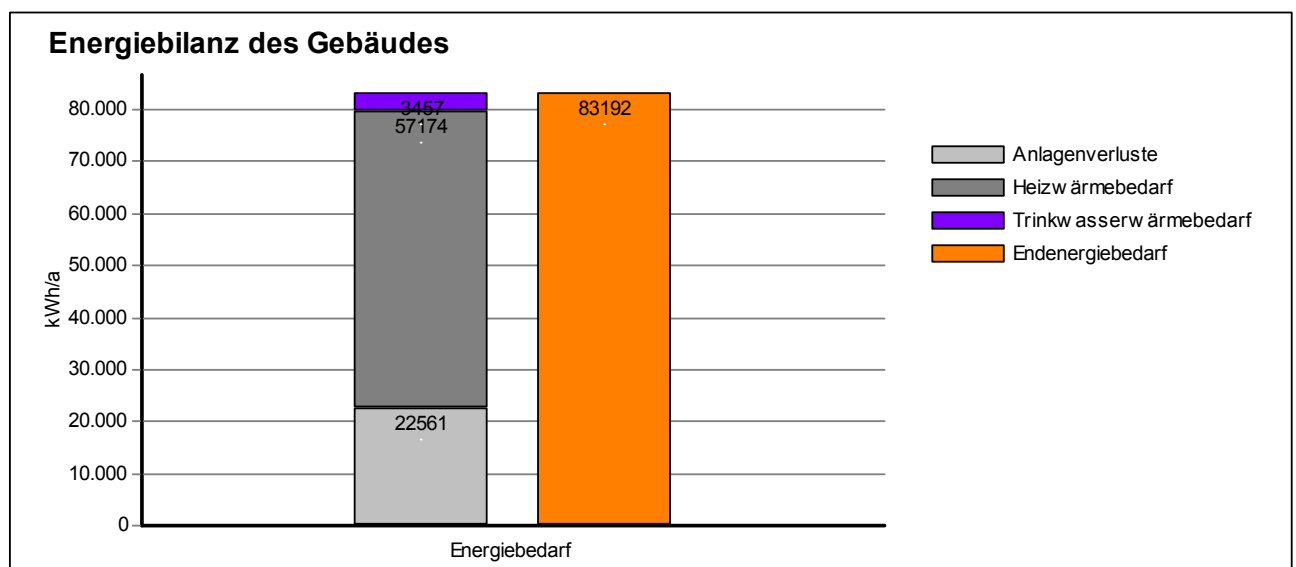
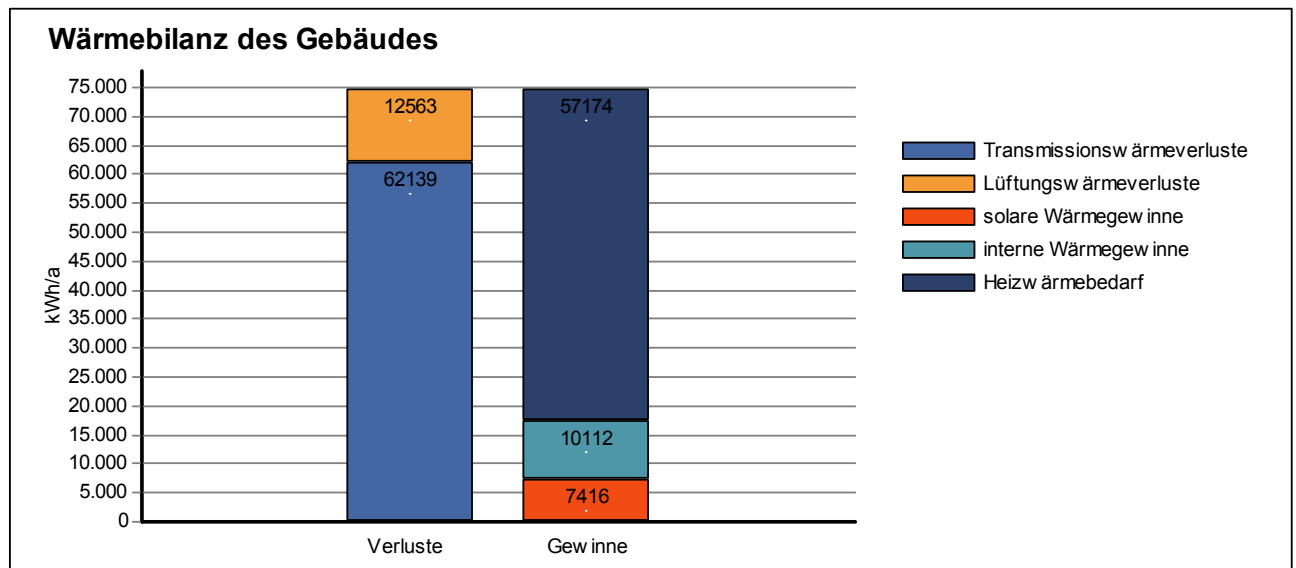
In der Gebäudeanalyse wird das Gebäude und seine Einzelteile in ihrem derzeitigen Zustand energetisch bewertet. Aus der Gebäudeanalyse ergeben sich Ansätze zu notwendigen und sinnvollen Sanierungsmaßnahmen.

3.1 Energiebilanz des Gebäudes

Die Energiebilanz des Gebäudes wird unter den vorgegebenen Randbedingungen der EnEV rechnerisch ermittelt. Dabei wird insbesondere von einem Norm-Nutzerverhalten und einem Norm-Außenklima, welches unabhängig vom Standort des Gebäudes ist, ausgegangen. Die Berechnungen sind im Anhang dargestellt.

Transmissionsverluste der Gebäudehülle	Fläche	jährlich	anteilig
	[m ²]	[kWh/a]	[%]
Außenwände	246	27.634	44,5
Dach und Decken gegen Außenluft	138	8.452	13,6
Fenster und Türen	42	8.902	14,3
Kellerdecke und Bauteile im Keller	134	12.658	20,4
Wärmebrücken		4.493	7,2
Summe	559	62.139	100

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich	anteilig
	[kWh/a]	[%]
Verluste		
Transmissionsverluste	62.139	61,7
Lüftungsverluste	12.563	12,5
Warmwasserbedarf	3.457	3,4
Anlagenverluste (TW, Heizung, Betriebsstrom)	22.561	22,4
Gesamt	100.719	100
Gewinne		
solare Warmegewinne	7.416	42,3
interne Warmegewinne	10.112	57,7
Gesamt	17.527	100
Endenergiebedarf Q_E		
Endenergiebedarf Wärme $Q_{WE,E}$	82.437	
Endenergiebedarf Betriebsstrom $Q_{HE,E}$	755	
Gesamt	83.192	
Primärenergiebedarf Q_P	92.643	



3.2 Gemessener Energieverbrauch des Gebäudes

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

Die Öltanks wurden jeweils im Sommer vollgetankt. Nachfolgende Tabelle gibt den Energieverbrauch wieder.

Verbrauchswerte der Energieträger

	Zeitraum von	Zeitraum bis	Verbrauch Energie Anteil H [kWh/a]	Klima- korrektur- faktor [-]	Verbrauch Energie Anteil TW [kWh/a]	Energie- verbrauchs- kennwert [kWh/(m²a)]
Heizöl EL	01.01.09	31.12.09	59.400	1,050	5.600	246
Heizöl EL	01.01.10	31.12.10	62.400	0,920	5.600	228
Heizöl EL	01.01.11	31.12.11	57.400	1,120	5.600	253

Die einzelnen Öl- und Stromabrechnungen sind im Anhang dokumentiert.

durchschnittlicher Heizölverbrauch der letzten drei Jahre ca.	x l/a
entspricht einem Endenergieverbrauch für Wärme von ca.	x kWh/a
entspricht Heizkosten von ca. bei einem Heizölkpreis von 85 ct/l (brutto)	x €/a

Dazu kommen noch die Kosten für den Betriebsstrom. Der Betriebsstromverbrauch wurde nicht separat gemessen. Der Stromverbrauch der Heizkreispumpe, Warmwasserzirkulation und Heizungsregelung wird daher mit 650 kWh pro Jahr abgeschätzt.

geschätzter Betriebsstromverbrauch	x kWh/a
entspricht Stromkosten von ca. bei einem Strompreis von 22 ct/kWh (brutto)	x €/a

Der gemessene Verbrauch weicht vom berechneten Bedarf unter Normbedingungen ab.

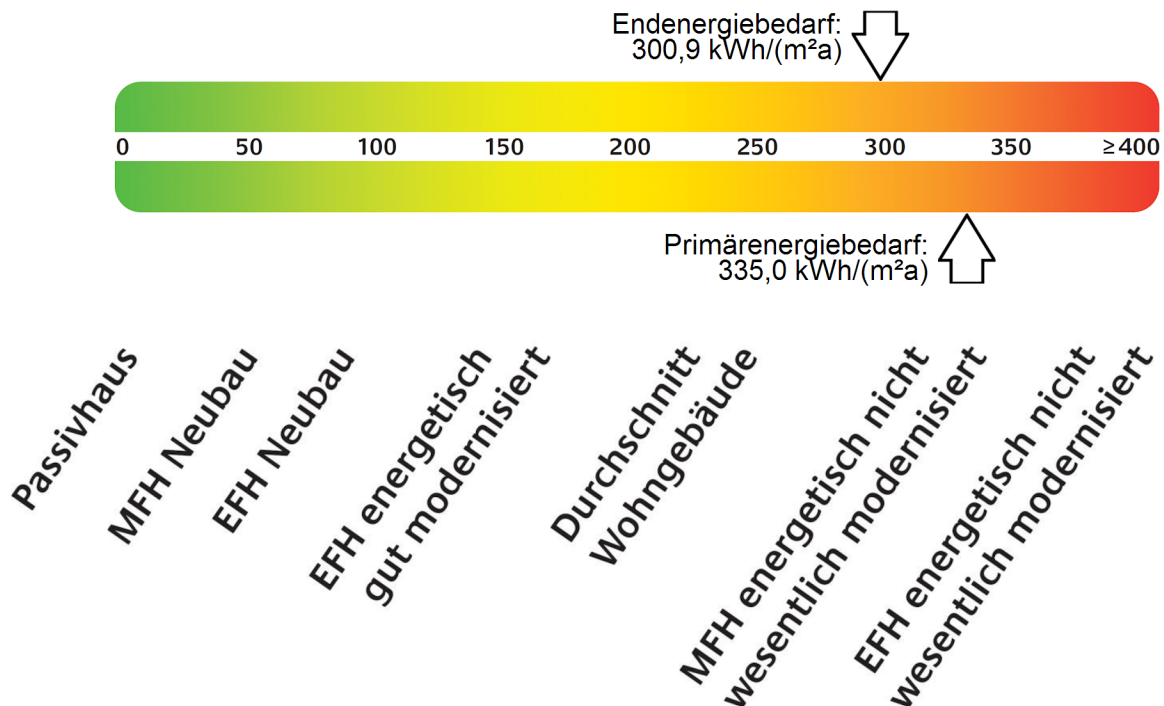
Ihr gemessener durchschnittlicher Energieverbrauch der letzten drei Heizperioden liegt damit bei etwa 81 % des berechneten Energiebedarfs zur Wärmeerzeugung von 82.437 kWh/a.

Die Gründe der Abweichung liegen in dem nachfolgend beschriebenen Nutzerverhalten:

Das Hochparterre wird von den Hauseigentümern selbst bewohnt. Im Obergeschoss wohnen derzeit zwei, im Dachgeschoss eine berufstätige Person jeweils ohne Kinder. Die Hauseigentümer sind auch tagsüber anwesend und heizen und lüften kontinuierlich. Bei der Besichtigung des Gebäudes wurden überdurchschnittlich hohe Raumtemperaturen festgestellt. Die Bewohner der oberen Wohnungen sind tagsüber berufsbedingt nicht anwesend. Es ist davon auszugehen, dass währenddessen durchgeheizt aber vergleichsweise wenig gelüftet wird. Das Klima im betrachteten Zeitraum trotz der langen und kalten Winter am Standort ihres Gebäudes etwas wärmer war als das langjährige gesamtdeutsche Durchschnittsklima für die Berechnung des Energiebedarfs.

3.3 Energetische Einstufung des Gebäudes

Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf



Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV

	Referenzgebäude ¹⁾	Ihr Gebäude vor Sanierung	Abweichung vom Referenzgebäude ¹⁾
Primärenergiebedarf Q_p	20.803 kWh/a	92.643 kWh/a	345%
Transmissionswärmeverlust H'_T	0,40 W/(m²K)	1,38 W/(m²K)	246%

1) Das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV

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 einer Sanierung in einem Zuge wird ein im KfW-Förderprogramm 151 „Energieeffizient Sanieren“ förderfähiges Effizienzhaus 85 erreicht. Soll die energetische Sanierung in Schritten vorgenommen werden, führen die Vorschläge insgesamt zum KfW-Effizienzhaus 115. Dabei entsprechen die vorgeschlagenen Maßnahmen jeweils den zum Zeitpunkt der Berichterstellung gültigen Anforderungen des KfW-Förderprogramms 152 „Energieeffizient Sanieren – Einzelmaßnahmen“ (Stand August 2012).

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Energiesparmaßnahme werden allein 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 noch diejenigen Kosten ohnehin fälliger Sanierungen enthalten, die nicht zur energetischen Verbesserung beitragen wie Abbruch und Entsorgung oder eine Kaminsanierung. Die vollständige Kostenermittlung ist eine Planungsleistung im Rahmen der Sanierung.

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen. Die Kosten-Nutzen-Analyse dient vor allem als Vergleichsmaßstab der Energiesparmaßnahmen untereinander. Sie beinhaltet keine Prognose der Kostenentwicklungen in der Zukunft. Als heutige Energiekosten wurden angesetzt:

Energiekosten

	Einheit	Energiekosten variabel [Ct/E]	Energiekosten variabel [Ct/kWh]
Heizöl EL	[l]	94	9,4
Strom-Mix	[kWh]	26	26,0

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 Energiepreisteigerungen 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 Zugeffekte 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

Bei der energetischen Sanierung in einem Zuge wird ein KfW-Effizienzhaus 85 erreicht.

	Referenz- gebäude ¹⁾	Ihr Gebäude nach Sanierung	Verhältnis zum Referenz- gebäude ¹⁾	Anforderung an KfW 85 ²⁾
Primärenergiebedarf Q _p	20.803 kWh/a	92.643 kWh/a	46%	≤ 85 %
Transmissionswärmeverlust H _t '	0,40 W/(m²K)	0,28 W/(m²K)	69%	≤ 100 %

1) das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV

2) Anforderung an KfW-Effizienzhaus im Verhältnis zum Referenzgebäude der EnEV

Bei Sanierung in einem Zuge 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.

Maßnahmenkombination KfW 85						
bestehend aus: Wärmedämmung der Außenwände Austausch der Fenster und Haustüre Wärmedämmung des Daches Austausch der Dachflächenfenster Wärmedämmung der Kellerdecke in Eigenleistung Wärmedämmung der Kellerinnenwände im Treppenhaus und Austausch der Kellertüre in Eigenleistung Heizungssanierung mit Pelletkessel und Solaranlage Luftdichtheitsnachweis der Gebäudehülle mittels Druckdifferenz-Messung						
Energie- kosten nach Sanierung [€/a]	energetisch bedingte Investitions- kosten [€]	öffentliche Förder- mittel (s. Kap. 5) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
			Energie- bedarf [kWh/a]	Energiekosten		
				[€/a]	[%]	
1.579	85.200	18.216	61.511	6.438	74	10 : 1

Alle Kosten verstehen sich Brutto.

Durch weitere energetische Optimierung des Gebäudes ist auch ein KfW-Effizienzhaus 70 oder 55 erreichbar. Zusätzliche Maßnahmen für ein KfW-Effizienzhaus 70 wären:

- Erhöhung und Optimierung des Dämmstandards an opaken Bauteilen und Fenstern,
- Lüftungswärmerückgewinnung sowie
- Vergrößerung und Optimierung der Solaranlage (verbesserte Innovationsförderung im Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien MAP ab 20 m² Kollektorfläche).

Die Gesamtwirtschaftlichkeit würde sich durch diese Maßnahmen jedoch trotz erhöhter Förderung etwas verschlechtern. Für ein KfW-Effizienzhaus 55 wäre zudem die Optimierung der Wärmebrücken mit einem aufwändigen Nachweis zu belegen.

4.1.1 Wärmedämmung der Außenwände

Für die Wärmeschutzmaßnahmen an den Außenwänden sind grundsätzlich zwei Möglichkeiten zu empfehlen:

- ein Wärmedämmverbundsystem von außen (WDVS) oder
- eine wärmegeämmte hinterlüftete Fassadenverkleidung.

WDVS: Eine Schicht Wärmedämmung wird auf der Außenwand – i.d.R. auf den tragfähigen Außenputz – vollflächig verklebt, um Luftdichtheit zu gewährleisten und ggf. mit Dübeln zusätzlich verankert. Darüber wird ein Armierungsputz aufgezogen, in den ein Glasfasergewebe eingelegt wird. Als Endbeschichtung werden mineralische Putze mit Anstrich oder Kunstharzputze eingesetzt. Der Dämmstoff besteht üblicherweise aus Polystyrol-Hartschaum oder Mineralfaserplatten. Er muss den Anforderungen an Wärmeleitfähigkeit, gegen Feuchtigkeit, an Druck- und Zugfestigkeit sowie an den Brandschutz genügen.

Vorgehängte Fassadenkonstruktion: Auf der bestehenden Außenwand wird eine Unterkonstruktion aus Holz- oder Metallprofilen angebracht, an der eine Fassadenverkleidung aus unterschiedlichsten Materialien (Holzschalung oder -platten, Faserzementplatten, etc.) als Wetterschutz aufgehängt werden kann. Zwischen der Unterkonstruktion wird lückenlos Wärmedämmung als Platten oder in loser Form eingebracht. Wichtig ist die winddichte Ausführung.

Egal welche der Möglichkeiten zur Ausführung kommt, müssen mit der Wärmedämmung der Außenwände

- die Regenfallrohre neu verlegt werden,
- der Dachüberstand an den Ortgängen vergrößert werden

sowie zur Vermeidung von Wärmebrücken

- die Fensterbänke außen durch neue, tiefere und wärmebrückenfreie Fensterbänke ersetzt werden,
- die Rollladenkästen entfernt und ersetzt oder wärmegeämmt werden und
- Balkonplatten und Eingangsvordach von oben und unten wärmegeämmt oder abgesägt und ersetzt werden.

Dies erfordert in jedem Fall eine sorgfältige Detailplanung bei der Ausführung.

Wärmedämmung der Außenwände mit 18cm WLG 035 als WDVS				
U-Wert nach der Sanierung: {{1,40 W/(m²K);AW}}				
Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme
	spezifisch	pauschal	gesamt	
[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
342			22.000	50

4.1.2 Austausch der Fenster und Haustüren

Die Fenster befinden sich in einem baulich sehr schlechten Zustand und müssen daher in absehbarer Zeit ausgetauscht werden. Die Glasbausteine im Eingangsbereich verfügen über sehr schlechte Wärmedämmeigenschaften und sollten daher ebenfalls durch Fenster ersetzt werden. Alternativ könnte entsprechend den vorliegenden Lichtverhältnissen ein Teil dieser Fläche

zugemauert werden. Empfohlen wird der Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem UW-Wert für das gesamte Fenster inklusive Rahmen von 0,95 W/(m²K) oder besser. Die neue Haustüre sollte einen U-Wert von höchstens 1,3 W/(m² K) haben. Beim Einbau der neuen Fenster und Haustüre ist auf den luftdichten Anschluss an das Mauerwerk zu achten.

Bei einer gleichzeitigen Fassadensanierung wie in „Wärmedämmung der Außenwände“ beschrieben ergeben sich hohe Synergieeffekte beim Anschluss der neuen Fenster und Haustüre an die Fassade. Dies kann zu erheblichen Investitionskostenersparungen bei der Sanierung führen. Zudem kann die Lage von Fenstern und Haustüre zur neuen Dämmebene optimiert werden, um Wärmebrücken und Verschattung durch Laibungen zu reduzieren und eine durchgängige luftdichte Ebene herzustellen. Somit ist eine gleichzeitige Sanierung von Fenstern, Haustüre und Fassade aus bautechnischer Sicht auf jeden Fall zu empfehlen. Die für die Wirtschaftlichkeitsbewertung angesetzten Investitionskosten gelten daher ebenfalls bei gleichzeitiger Fassadensanierung. Für die Fenster wurden 600 €/m² angesetzt, für die Haustüre pauschal 3.000 €.

Da sich die Fenster in einem baulich sehr schlechten Zustand befinden und ohnehin aus Gründen der Instandhaltung ausgetauscht werden müssen, erübrigt es sich, auf die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen näher einzugehen.

Der Austausch der Fenster trägt jedoch wesentlich zur Komfortverbesserung durch Vermeidung der Zugerscheinungen bei. Ein neu gestalteter Eingangsbereich mit neuer Haustüre kann zudem zu einer repräsentativen Aufwertung des sanierten Gebäudes beitragen. Der Eingangsbereich wird daher auch als „Visitenkarte des Hauses“ bezeichnet.

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

Neue 3-Scheiben-Wärmeschutzfenster mit $U_w \leq 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$				
U-Wert nach der Sanierung: 0,95 W/(m²K)				
Bauteilfläche [m²]	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme [Jahre]
	spezifisch [€/m²]	pauschal [€]	gesamt [€]	
42			14.000	50

4.1.3 Wärmedämmung des Daches

Da das Dachgeschoss ausgebaut und bewohnt ist, wird eine Wärmedämmung des Daches von außen vorgeschlagen. Dazu müssen zunächst Dachziegel und Lattung entfernt werden. Zwischen die Sparren wird eine Dampfbremsfolie eingelegt und an die angrenzenden Bauteile luftdicht angeschlossen. Die Sparrenzwischenräume werden mit einem Dämmstoff gefüllt. Zusätzlich wird auf die Sparren eine durchgängige Dämmschicht und darüber eine Winddichtung, Lattung und neue Dacheindeckung aufgebracht.

Auch im Bereich der Abseiten wird die Dachfläche wärmegeklämt. So können die Dämmebenen von Dach und Außenwand konstruktiv einfach zu einer geschlossenen Dämnhülle verbunden werden. Eine Wärmedämmung „um mehrere Ecken“ der Abseitenwände und obersten Geschossdecke zu den Abseiten ist nicht erforderlich.

Da die Dampfbremse nicht – wie bei Wärmedämmung von innen – durchgängig an der Innenseite unter den Sparren verlaufen kann, ist eine sorgfältige Detailplanung und bauphysikalische Bewertung dieser Konstruktion notwendig. Die Dampfbremse muss auch um die Sparren bauphysikalisch richtig liegen, um Bauschäden durch Feuchtigkeit im Bauteil zu vermeiden.

Bei einer Wärmedämmung von innen müssten hingegen alle Innenverkleidungen entfernt werden. Die Dämmstoffstärke zwischen den Sparren würde nicht ausreichen einen förderfähigen Dämmstandard herzustellen, sodass eine weitere Schicht unter den Sparren angebracht werden müsste. Dadurch würde sich die Wohnfläche im Dachgeschoss verringern. Daher empfehle ich Ihnen die Wärmedämmung von außen.

Zusammen mit der Wärmedämmung des Daches müssen auch die Dachflächenfenster wie in Kap. 4.1.4 beschrieben ausgetauscht werden, da deren Lage der neuen Dachebene angepasst werden muss.

Wärmedämmung der Dachflächen mit je 14cm WLG 035 auf und zwischen den Sparren				
U-Wert nach der Sanierung: $\{0,64 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K});\text{Da}\}$				
Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme
	spezifisch	pauschal	gesamt	
[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
138			20.000	50

4.1.4 Wärmedämmung der Kellerdecke

Der Keller hat eine lichte Raumhöhe von nur 2,05 m. Um die Raumhöhe nicht unnötig weiter zu reduzieren, sollten Dämmstoffe mit sehr geringer Wärmeleitfähigkeit und geringer Dämmstoffstärke verwendet werden. Daher empfehle ich Ihnen eine Mehrschichtplatte aus 8 cm Polyurethan-Hartschaum mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,025 \text{ W}/(\text{m K})$ oder besser mit malerfertiger Oberfläche aus Gipskarton oder Holzwerkstoffen. Die Platten werden unter die Betondecke geklebt oder gedübelt, verspachtelt und gestrichen. In Nebenräumen kann eventuell auch auf die Veredelung der Oberflächen verzichtet werden.

Da unter der Kellerdecke Leitungen der Trinkwasser und Heizungsanlage verlaufen, empfiehlt sich die Kellerdeckendämmung zusammen mit der Heizungssanierung. Die Leitungen können im Zuge der Heizungssanierung so weit von der Decke abgehängt werden, dass genügend Platz zum Anbringen der Wärmedämmung ist.

Die Wärmedämmung der Kellerdecke trägt wesentlich zur Verbesserung des Wohnkomforts Ihrer Wohnung im Erdgeschoss bei. Durch die unterseitige Dämmung erhöht sich die Oberflächentemperatur des Fußbodens im Erdgeschoss. Dies wiederum führt zu einer angenehmeren Temperaturschichtung im Raum (geringere Temperaturdifferenz von unten nach oben) und Vermeidung von Fußkälte.

Wärmedämmung der Kellerdecke mit 8cm WLG 025				
U-Wert nach der Sanierung:				
Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme
	spezifisch	pauschal	gesamt	
[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
				50

Die Wärmedämmung der Kellerdecke kann auch in Eigenleistung erfolgen. Dabei fallen lediglich Materialkosten von etwa 25 €/m^2 an.

Wärmedämmung der Kellerdecke mit 8cm WLG 025 in Eigenleistung				
U-Wert nach der Sanierung:				
Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme
	spezifisch	pauschal	gesamt	
[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
	25		2.800	50

4.1.5 Wärmedämmung der Kellerinnenwände im Treppenhaus und Austausch der Kellertüre

Durch einen Wärmedämmmantel um das Haus wird sich zukünftig eine gleichmäßigere Temperatur im gesamten Haus einstellen – auch im Treppenhaus. Daher muss auch über eine Wärmedämmung des Treppenhauses im Keller nachgedacht werden.

Die Kellerinnenwände können ähnlich der Kellerdecke mit einer Mehrschichtplatte wärmegeklämt werden. Da hier die Dämmstoffstärke keine herausragende Rolle spielt, kann auf etwas günstigere Wärmedämmstoffe zurückgegriffen werden. Daher empfehle ich Ihnen eine Mehrschichtplatte aus 12 cm Wärmedämmung (Polystyrol-Hartschaum oder Mineralfaser mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m K) oder besser mit malerfertiger Oberfläche aus Gipskarton oder Holzwerkstoffen. Die Platten werden auf der Kellerseite an die Wand geklebt oder gedübelt, verspachtelt und gestrichen.

Zusammen mit der Wärmedämmung der Kellerinnenwand sollte auch die Kellertüre gegen eine luftdichte Türe mit einem U-Wert 2,0 oder besser ausgetauscht werden. Diese ist in den Investitionskosten mit pauschal 1.000 € berücksichtigt.

Wärmedämmung der Kellerinnenwände im Treppenhaus mit 12 cm WLG 035 und Austausch der Kellertüre				
U-Wert nach der Sanierung:				
Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme
	spezifisch	pauschal	gesamt	
[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
				50

Die Wärmedämmung der Kellerwände kann auch in Eigenleistung erfolgen. Dabei fallen lediglich Materialkosten von etwa 15 €/m² an.

Wärmedämmung der Kellerinnenwände im Treppenhaus mit 12 cm WLG 035 und Austausch der Kellertüre in Eigenleistung				
U-Wert nach der Sanierung:				
Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme
	spezifisch	pauschal	gesamt	
[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
	15		400	50

4.1.6 Heizungssanierung mit Pelletskessel und Solaranlage

Die bestehende Heizungs- und Warmwasseranlage ist stark veraltet und einer der wesentlichen Schwachpunkte des Gebäudes. Mit plötzlichem Versagen ist ständig zu rechnen. Aus diesen Gründen sollte die Heizungsanlage grundsätzlich saniert und in Teilen erneuert werden. Dazu empfehlen wir:

- die Wärmedämmung aller zugänglichen Verteilleitungen,
- den Einbau geregelter Pumpen Effizienzklasse A,
- den Einbau neuer Heizkörperventile und Thermostatköpfe mit hoher Regelgenauigkeit (sogenannte „K-Regler“ oder elektronische Regler)
- einen hydraulischen Abgleich der Heizungsanlage,
- eine Außentemperaturgesteuerte Vorlauftemperaturregelung mit Nachtabsenkung,
- einen neuen Holzpelletkessel mit Pelletlager und Fördertechnik,
- eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung mit 12 m² Flachkollektoren und ca. 800 l Solar-Kombispeicher (Trinkwarmwasser und Heizung).

Ein Pelletkessel mit Pelletlager, Fördertechnik und Pufferspeicher ist zwar deutlich teurer als ein Öl-Brennwertkessel, dafür sind die Brennstoffkosten niedriger. In der Vergangenheit waren die Pelletpreise auch deutlich stabiler als der Heizölpreis. Neben der Unabhängigkeit von Ölpreisschwankungen bietet diese Variante vor allem auch den Vorteil einer komplett regenerativen Beheizung Ihres Gebäudes. Ein Pelletkessel verbessert die Primärenergiebilanz des Gebäudes erheblich. Der Wirkungsgrad des Kessels sollte mind. 90 % betragen, da er sonst nicht förderfähig ist. Nachteilig ist der etwas höhere Wartungsaufwand gegenüber einem Ölkessel.

Allerdings benötigen Pellets bei gleichem Energieinhalt etwa 3-mal so viel Lagerraum wie Öl. Um im vorhandenen Lagervolumen eine ausreichende Pelletmenge lagern zu können, müsste also der Wärmebedarf des Gebäudes entsprechend reduziert werden, was durch die in Kap. 4.1.1 bis 4.1.6 beschriebenen Maßnahmen prinzipiell möglich ist. Daher beziehen sich die geschätzten Investitionskosten auf diese Lösung zur Pelletlagerung.

Für eine größere Pelletmenge könnte ein unterirdisches Pelletlager im Garten angelegt werden, was jedoch mit Mehrkosten gegenüber einer Lagerung im Haus verbunden wäre.

Zur Optimierung des Pelletkessels empfiehlt sich der Einbau eines Pufferspeichers mit einem Volumen von mind. 30 l/kW Nennleistung. Diese Funktion kann bei entsprechender Dimensionierung ein Solar-Kombispeicher übernehmen. Zudem arbeitet ein Pelletkessel im Sommer zur reinen Trinkwasserbereitung weniger effizient. Eine Solaranlage zur reinen Trinkwasserbereitung ist in Ihrem Gebäude derzeit jedoch erst ab 20 m² Kollektorfläche förderfähig. Aus diesen Gründen ist die Kombination der Pelletheizung mit einer Solaranlage mit Heizungsunterstützung zu empfehlen. Bei Einbau einer Indach-Solaranlage lassen sich weitere Synergien nutzen. Der Kollektor ersetzt einen Teil der Dachdeckung.

Durch Wärmedämmung der Gebäudehülle und Wärmerückgewinnung in einer Lüftungsanlage kann der Wärmebedarf eines Gebäudes und damit die benötigten Heizkreistemperaturen reduziert

werden. Diese gesamtheitliche Betrachtung spiegelt sich in der Maßnahmenkombination KfW 85 zur Sanierung in einem Zuge wieder. Hier wurden die Vor- und Rücklauftemperaturen auf 55/45 °C reduziert.

Die Kaminsanierung empfehle ich Ihnen als Luft-Abgas-System für einen raumluftunabhängigen Betrieb des Heizkessels. Eine Öffnung zur Ansaugung von Verbrennungsluft ist dadurch nicht mehr notwendig, ein Auskühlen des Heizraums wird vermieden.

Nach Sanierung des Gebäudes wird ein Heizkessel mit deutlich geringerer Heizleistung benötigt, wodurch die Anschaffungskosten sinken. Daher empfehlen wir, die Wärmedämmung des Gebäudes unbedingt vor oder zusammen mit der Heizungssanierung auszuführen.

Bei Sanierung der Heizungsanlage sollten auch Warmwasseranschlüsse für Wasch- und Spülmaschinen verlegt werden. Da in den Aufstellräumen bereits Warmwasser vorhanden ist, lässt sich der Anschluss sehr wirtschaftlich herstellen.

Heizungssanierung mit Pelletkessel und Solaranlage zur Trinkwasserbereitung und Heizungsunterstützung				
angenommener Kesselwirkungsgrad der neuen Heizung: 90 %				
angenommene solare Deckung zur Trinkwarmwasserbereitung: 57 %				
angenommene solare Deckung zur Heizungsunterstützung: 10 %				
Bauteilfläche	energetisch bedingte Investitionskosten			Lebensdauer der Maßnahme
	spezifisch	pauschal	gesamt	
[m²]	[€/m²]	[€]	[€]	[Jahre]
-	-	25.000	25.000	20

4.2 Gesamtsanierung in Schritten

Grundsätzlich ist die Sanierung der Gebäudehülle vor Sanierung der Anlagentechnik zu empfehlen, um die neue Heizungsanlage optimal auf den Wärmebedarf des sanierten Gebäudes abstimmen zu können. Der Austausch des Heizkessels kann aufgrund seines Alters jedoch nicht aufgeschoben werden. Daher ist es sinnvoll, zunächst einen kostengünstigeren Öl-Brennwertkessels einzubauen und die gegenüber einem Pelletkessel eingesparten Kosten schnellstmöglich in bedarfssenkende Maßnahmen zu investieren. So könnte zum Beispiel die Heizungssanierung zusammen mit der Maßnahmenkombination Keller ausgeführt werden. Da bei der Heizungssanierung auch die Verteilleitungen unter der Kellerdecke saniert werden, würde dies gleichzeitig die Wärmedämmung der Kellerdecke erleichtern.

Die Sanierungsreihenfolge der Gebäudehülle empfiehlt sich abhängig von der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen und der Bauabläufe. Die wirtschaftlichsten Maßnahmen sind diejenigen der Wärmedämmung zum unbeheizten Keller in Eigenleistung. Da zur Wärmedämmung der Giebfassaden der Ortgang verlängert werden muss, sollte die Dachsanierung vor Fassadensanierung erfolgen. Der Bestand der sanierungsbedürftigen Fenster müsste durch deren Pflege und Instandhaltung so lange gesichert werden.

Die schrittweise Sanierung führt insgesamt zu einem KfW-Effizienzhaus 115.

	Referenz- gebäude ¹⁾	Ihr Gebäude nach Sanierung	Verhältnis zum Referenz- gebäude ¹⁾	Anforderung an KfW 115 ²⁾
Primärenergiebedarf Q _p	20.803 kWh/a	92.643 kWh/a	81%	≤ 100 %
Transmissionswärmeverlust H _t '	0,40 W/(m²K)	0,28 W/(m²K)	69%	≤ 115 %

- 1) das Referenzgebäude beschreibt einen Neubaustandard nach EnEV
- 2) Anforderung an KfW-Effizienzhaus im Verhältnis zum Referenzgebäude der EnEV

4.2.1 Heizung

Die Sanierung der Heizungsanlage erfolgt grundsätzlich entsprechend der Gesamtsanierung, jedoch mit einem Öl-Brennwertkessel statt eines Pelletkessels. Trotz Sanierung der Heizungsanlage ohne Verbesserung des Wärmeschutzes des Gebäudes empfehle ich den Einbau eines Brennwertkessels mit Solaranlage, auch wenn der Brennwertkessel seine optimale Effizienz erst nach Verbesserung des Wärmeschutzes erreicht. Zusammen mit einer Vorlauftemperaturregelung kann der Kessel zumindest bereits in den Übergangszeiten Herbst und Frühjahr im Brennwertbereich betrieben werden. Die Effizienz des Kessels wird sich danach mit jedem Sanierungsschritt verbessern. Die Solaranlage muss bei späterer Dachsanierung nochmals abmontiert werden. Dies ist jedoch mit vertretbarem Aufwand möglich.

Der Einbau einer Pelletheizung entsprechend der Gesamtsanierung in einem Zug ist ohne Verbesserung des Wärmeschutzes des Gebäudes aufgrund der begrenzten Lagerkapazitäten schwierig. Selbst bei voller Ausnutzung des möglichen Lagervolumens müssten Pellets voraussichtlich 2 bis 3-mal jährlich nachgetankt werden.

In Baden-Württemberg muss nach dem EWärmeG auch bei einer Heizungserneuerung in bestehenden Gebäuden ein Teil des Energiebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Diese Forderung wird durch die Solaranlage erfüllt.

Bei Einbau einer Indach-Solaranlage ersetzt der Kollektor einen Teil der Dachdeckung. Dies spart Kosten bei der späteren Dachsanierung.

Heizungssanierung mit Brennwertkessel und Solaranlage zur Trinkwasserbereitung und Heizungsunterstützung

angenommener Kesselwirkungsgrad der neuen Heizung: 97 %
angenommene solare Deckung zur Trinkwarmwasserbereitung: 57 %
angenommene solare Deckung zur Heizungsunterstützung: 10 %

Energiekosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitionen	öffentliche Fördermittel (s. Kap. 5)	prognostizierte Einsparungen			Kosten/ Nutzen
			Energiebedarf	Energiekosten		
				[€/a]	[%]	
[€/a]	[€/a]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	[-]
5.304	22.000	2.656	28.965	2.714	35	7 : 1

4.2.2 Maßnahmenkombination Keller

Die Wärmedämmung der Kellerdecke lässt sich hervorragend mit der Wärmedämmung der Kellerinnenwände im Treppenhaus und Austausch der Kellertüre kombinieren. Aus energetischer Sicht handelt es sich bei der Wärmedämmung der Kellerdecke mit Einsparpotentialen von 6 % zwar eher um eine kleine Maßnahme, die aber wesentlich zur Verbesserung des Wohnkomforts Ihrer Wohnung im Erdgeschoss beiträgt. Durch höhere Oberflächentemperaturen des Erdgeschossfußbodens verringert sich die Fußkälte und verbessert sich die Temperaturschichtung der Raumluft im gesamten Erdgeschoss. Die Maßnahme lässt sich gut in Eigenleistung durchführen und ist dadurch besonders wirtschaftlich.

Maßnahmenkombination Keller

bestehend aus:

Wärmedämmung der Kellerdecke in Eigenleistung

Wärmedämmung der Kellerinnenwände im Treppenhaus und Austausch der Kellertüre in Eigenleistung

Energiekosten nach Sanierung [€/a]	energetisch bedingte Investitionen [€/a]	öffentliche Fördermittel (s. Kap. 5) [€]	prognostizierte Einsparungen		Kosten/Nutzen [-]
			Energiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a] [%]	
7.015	3.200	0	10.551	1.002 13	3 : 1

4.2.3 Maßnahmenkombination Dach

Mit der Wärmedämmung des Daches empfehle ich gleichzeitig die Dachflächenfenster auszutauschen, da deren Lage ohnehin der neuen Dachebene angepasst werden muss. Mit neuen Dachflächenfenstern kann zudem eine durchgängige luftdichte Ebene hergestellt werden, wodurch sich die vor der Sanierung aufgetretenen unkontrollierten Lüftungswärmeverluste und Zugerscheinungen vermindern. Durch die Maßnahmen verbessern sich insbesondere auch der sommerliche Wärmeschutz im Dachgeschoss sowie der Schallschutz.

Im Zuge der Dachsanierung sollten für eine zukünftige Außenwanddämmung die Dachüberstände ausreichend verlängert werden. Auf eine fachgerechte Planung und Ausführung der Wärmebrücken am Fassadenanschluss ist zu achten.

Maßnahmenkombination Dach

bestehend aus:

Wärmedämmung des Daches

Austausch der Dachfenster

Energiekosten nach Sanierung [€/a]	energetisch bedingte Investitionen [€/a]	öffentliche Fördermittel (s. Kap. 5) [€]	prognostizierte Einsparungen		Kosten/Nutzen [-]
			Energiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a] [%]	
7.351	21.000	2.535	7.010	666 8	28 : 1

4.2.4 Maßnahmenkombination Fassade

Die Fenster befinden sich in baulich sehr schlechtem Zustand und müssen daher in absehbarer Zeit ausgetauscht werden. Den Austausch der Fenster und der Haustüre empfehle ich, mit der Wärmedämmung der Außenwände zu kombinieren. So kann die Lage von Fenstern und Haustüre zur neuen Dämmebene optimiert werden, um Wärmebrücken und Verschattung durch Laibungen zu reduzieren und eine durchgängige luftdichte Ebene herzustellen. Durch den fachgerechten

Anschluss von dichteren Fenstern und der Haustüre an die Außenwände werden Luftundichtigkeiten und somit unkontrollierte Lüftungswärmeverluste sowie die vor Sanierung aufgetretenen Zugerscheinungen verringert. Außerdem verbessern sich Schallschutz und sommerlicher Wärmeschutz. Die höheren Oberflächentemperaturen an Fenstern und Außenwänden tragen wesentlich zu einer höheren Behaglichkeit bei.

Die Maßnahmen fördern vor allem in der Kombination das Erscheinungsbild des Hauses. Nicht nur der Eingang erfährt eine repräsentative Aufwertung. Die gesamte Fassade erhält ein neues „Kleid“.

Beim Austausch der Fenster ist nach DIN 1946-6 ein Lüftungskonzept für das Gebäude zu erstellen. Bei der Wärmedämmung der Außenwände ist auf fachgerechte Planung und Ausführung der Wärmebrücken am Eingangsvordach und den Balkonplatten sowie des Sockels und des Dachanschlusses zu achten. Der Ortgang muss bis über die neue Dämmebene verlängert werden.

Maßnahmenkombination Fassade						
bestehend aus:						
Wärmedämmung der Außenwand						
Austausch der Fenster und Haustüren						
Energiekosten nach Sanierung	energetisch bedingte Investitionen	öffentliche Fördermittel (s. Kap. 5)	prognostizierte Einsparungen			Kosten/ Nutzen
			Energiebedarf	Energiekosten		
[€/a]	[€/a]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[%]	[-]
5.379	36.000	4.346	27.770	2.638	33	12 : 1

4.3 Weitere energetische Schwachstellen und Energiesparmaßnahmen

Rolladenkästen: Um Zugluft und Schimmelbildung zu vermeiden, sollten die vorhandenen Rolladenkästen von innen luftdicht verschlossen und mit Wärmedämmung komplett gefüllt werden. Neue Rollläden oder Jalousien können von außen auf die vorhandenen Rolladenkästen 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 wärmedämmend 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 in Planung und Ausführung auf Luftdichtheit aller Bauteile und Anschlüsse zu achten. Zur Sicherstellung des Mindestluftwechsels empfehlen wir, zumindest eine wohnungszentrale Abluftanlage einzubauen.

5 Fördermittel

Für die empfohlenen Maßnahmen können Sie nach heutigem Stand verschiedene Förderprogramme in Anspruch nehmen.

Alle aufgeführten Programme sind grundsätzlich kumulierbar, mit Ausnahme der Heizungserneuerung als Einzelmaßnahmen im KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ mit einem Zuschuss aus dem Marktanreizprogramm MAP. Die Beschreibung der Förderprogramme und Berechnung der Fördermittel sind im Folgenden genauer dargestellt.

5.1 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 – in Ihrem Fall also bei 150.000 € – und für ein Effizienzhaus bei 75.000 € je Wohneinheit – in Ihrem Fall also bei 225.000 €. Damit dürfte eine Vollfinanzierung aller förderfähigen Investitionskosten möglich sein. Das Programm 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 – in den Kapiteln 4.1.1 bis 4.3 ermittelten – „energetisch bedingten Investitionskosten“, sondern auch Planungs- und Baubegleitungsleistungen sowie Kosten notwendiger Nebenarbeiten, die zur ordnungsgemäßen Fertigstellung und Funktion des Gebäudes erforderlich sind. 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. Zur Ermittlung der förderfähigen Investitionen wurden die Kosten für Planung, Baubegleitung und Nebenarbeiten abgeschätzt und den energetisch bedingten Investitionskosten hinzuaddiert.

Maßnahmen- kombination	geschätzte förderfähige Investitions- kosten [€]	Tilgungszuschuss		Zinsvorteil ¹⁾ [€]	Summe [€]
		[%]	[€]		
Heizung	22.000	-	-	2.656	2.656
Keller	nur Eigenleistung	-	-		
Dach	21.000	-	-	2.535	2.535
Fassade	36.000	-	-	4.346	4.346
KfW 85 ²⁾	85.200	7,5	5.625	12.591	18.216

1) Zinsvorteil unter den in den Berechnungsbeispielen genannten Konditionen.

2) Materialkosten und Arbeitsaufwand von Eigenleistung werden nicht gefördert. Die in Eigenleistung erbrachten energetischen Verbesserungen werden jedoch beim Nachweis des KfW-Effizienzhausniveaus berücksichtigt.

Der Zinsvorteil ergibt sich aus der Zinsvergünstigung der KfW-Darlehen gegenüber marktüblichen Konditionen und wurde durch den Vergleich von Tilgungsplänen einer KfW-geförderten Finanzierung mit marktüblichen Konditionen ermittelt. Die KfW bietet dazu unter www.kfw-foerderbank.de einen Tilgungsrechner an, mit dem Sie die Zinsbelastung jederzeit nach aktuellen Konditionen selbst ermitteln und vergleichen können. Einen Tilgungsplan zu aktuellen marktüblichen Konditionen kann Ihnen die finanzierende Bank erstellen.

Der Zinsvorteil wurde unter den folgenden zum Beratungszeitpunkt aktuellen Konditionen Beispielhaft für einen Kreditbetrag von 75.000 € ermittelt. Die Zinseinsparung kann für die verschiedenen Maßnahmenkombinationen über den Kreditbetrag linear skaliert werden. Der Kreditbetrag entspricht den angenommenen förderfähigen Investitionskosten.

	Einzelmaßnahmen	KfW 85	marktübliche Konditionen
Konditionen			
Kreditbetrag	75.000 €		
Auszahlung	100 %		
Laufzeit	20 Jahre		
tilgungsfreie Anlaufjahre	1	1	0
Zinsbindung	10 Jahre		10 Jahre
Sollzins [%]	1,0	1,0	2,5
Tilgungszuschuss [%]	-	7,5	-
Turnus der Zahlungen	monatlich		
Monatsrate während der Zinsbindung			
Anlaufjahre [€/Monat]	62,50	62,50	397,43
Folgejahre [€/Monat]	361,32	361,32	397,43
Gesamtzahlung nach Ende der Zinsbindung ¹⁾			
Zinsen [€]	6.017,86	5.488,36	14.849,70
Tilgung [€]	33.755,03	34.284,53	32.841,56
Tilgungszuschuss [€]	-	5.625,00	-
Anschlussfinanzierung bis Ende der Laufzeit			
Restschuld [€]	41.244,97	35.090,47	42.158,44
Sollzins [%]	4,5		
Monatsrate [€/Monat]	427,46	363,67	436,92
Zinsen [€]	10.049,79	8.550,18	10.272,37
Zinseinsparung gegenüber marktüblichen Konditionen			
Zinseinsparung [€]	9.054,41	11.083,52	-

1) bei Gutschrift des Tilgungszuschusses nach den tilgungsfreien Anlaufjahren

Weitere Informationen und aktuelle Konditionen unter: www.kfw-foerderbank.de

5.2 Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien MAP

Im Marktanreizprogramm wird der Einsatz erneuerbarer Energie in Gebäuden gefördert.

Maßnahmenpaket	Heizung	KfW 85
Solaranlage zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung		
Kollektorfläche 90,- €/m², mind. 1.500 €	1.500 €	1.500 €
Effizienzbonus Kollektorfläche		750 €
Bonus für effiziente Solarpumpe	50 €	50 €
Kesseltauschbonus		
Pelletkessel mit Wirkungsgrad von mind. 90 % und neu errichtetem Pufferspeicher von mind. 30 l/kW	500 €	500 €
Pelletkessel 36 €/kW, mind. 2.900 €		2.900 €
Effizienzbonus Pelletskessel		1.450 €
Gesamt	2.050 €	7.150 €

Weitere Informationen und aktuelle Konditionen unter: www.bafa.de

Für alle Förderprogramme gilt: Erst Antrag stellen, dann Aufträge vergeben!

6 Anhang

- Erläuterung von Fachbegriffen
- Zur Energieberatung getroffene Annahmen:
 - Skizze des angenommenen beheizten Volumens
 - Weitere Annahmen zu nicht gesicherten Datengrundlagen
 - Energiepreisentwicklung der letzten Jahre
- Schornsteinfegerprotokoll
- Dokumentation der Daten und Berechnungen:
 - Berechnungsrundlagen
 - Volumenberechnung
 - Flächenberechnungen
 - Bauteilbeschreibungen und U-Wert-Berechnungen des Ist-Zustands
 - Berechnung des Heizwärmebedarfs im Ist-Zustand
 - Beschreibung der Anlagentechnik des Ist-Zustands
 - Berechnung der Anlagenverluste im Ist-Zustand
 - Dokumentation der Energieverbrauchsabrechnungen
 - Bauteilbeschreibungen und U-Wertberechnungen der Varianten
 - Berechnung des Heizwärmebedarfs der empfohlenen Maßnahmenkombinationen
 - Beschreibung der Anlagentechnik der Varianten
 - Berechnung der Anlagenverluste der empfohlenen Maßnahmenkombinationen

Fachbegriffe

Abgasverluste

Wärme, die mit dem Abgas der Heizanlage verloren geht. Lässt sich durch Brennwerttechnik (> Brennwertkessel) oder > Niedertemperatur-Heizanlagen reduzieren. Bei niedrigen Abgasverlusten allerdings Gefahr der > Schornsteinversottung. Die Abgasverluste sind für viele Feuerungsanlagen durch die Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV) begrenzt. Aus Abgas- und > Bereitschaftsverlusten wird der > Jahresnutzungsgrad ermittelt.

Amortisation

Deckung der aufgewendeten Investitionskosten für ein Maßnahmenpaket durch deren Einsparung. Die Amortisationsdauer wird statisch als Kosten/Nutzen-Verhältnis oder dynamisch unter Berücksichtigung von Preissteigerungen und Finanzierungskosten ermittelt. (siehe > Energiepreise, > Wirtschaftlichkeit)

Außenthermostat

Messgerät der Heizungsanlage, das die Vorlauftemperatur des Heizkreises regelt. Bei niedrigen Außentemperaturen erhöhte Vorlauftemperatur, bei höheren Außentemperaturen abgesenkte Vorlauftemperatur; dadurch reduzierte Heizkreisverluste und verbesserte Einzelraumregelung.

Bereitschaftsverluste

Die Verluste eines Wärmeerzeugers, die außerhalb der Brennerlaufzeit auftreten, nennt man Bereitschaftsverluste. Hohe Bereitschaftsverluste treten auf, wenn die Brennerlaufzeit im Verhältnis zur Betriebszeit des Kessels kurz ist (Überdimensionierung), die Kesselwassertemperatur hoch und/oder der Kessel schlecht wärmegeklämt ist. Bei alten Kesseln können die Bereitschaftsverluste deutlich höher als die > Abgasverluste sein und führen maßgeblich zu einem schlechten > Jahresnutzungsgrad. Bereitschaftsverluste treten auch bei Speichern auf.

Brennwertkessel

Durch einen großen oder zweiten Wärmetauscher entzieht ein Brennwertkessel dem wasserdampfhaltigen Abgas durch Kondensation Wärme. Dadurch wird über den Heizwert eines Brennstoffes hinausgehende Energie genutzt und die Abgase auf niedrige Temperaturen gebracht. Diese Technik stellt besondere Ansprüche an den Schornstein. Gegebenenfalls ist eine Neutralisation des Kondensats erforderlich.

Effizienzhaus

Ein KfW-Effizienzhaus ist ein Gebäude, welches die gesetzlichen Anforderungen der EnEV an den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T' und den Primärenergiebedarf Q_p bei Neubauten und Sanierungen um einen bestimmten Prozentsatz, bezogen auf das Referenzgebäude der EnEV, unterschreitet. Der Effizienzhausstandard gibt den maximal zulässigen Prozentanteil für Q_p an. H_T' darf jeweils 15 Prozentpunkte höher liegen, bezogen auf H_T' des Referenzgebäudes. So darf z. B. der maximale Q_p eines KfW-Effizienzhaus 70 % des Q_p des Referenzgebäudes nicht überschreiten während der H_T' maximal 85 % des H_T' des Referenzgebäudes betragen darf.

Elektrische Speicherheizsysteme („Nachtspeicherheizung“)

Elektrische Speicherheizsysteme sind Heizsysteme mit vom Energielieferanten unterbrechbarem Strombezug, die nur in den Zeiten außerhalb des unterbrochenen Betriebes durch eine Widerstandsheizung Wärme in einem geeigneten Speichermedium speichern. Unter gewissen Randbedingungen dürfen diese Systeme nur noch bis 2019 betrieben werden.

Emissionen

Bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehende > Schadstoffe und Abgase, die durch Schornsteine und Abgasrohre an die Außenluft abgegeben werden und die Luft verunreinigen. Beim Hausbrand sind dies im Wesentlichen CO₂, SO₂, NO_x und Stäube.

Endenergiebedarf

Energiemenge, die dem Gebäude zur Deckung der > Nutzenergie für Heizung und Trinkwarmwasser sowie zur Deckung der gesamten Verluste der Anlagentechnik im Gebäude und der zum Betrieb der Anlagentechnik benötigten Hilfsenergie zur Verfügung gestellt werden muss.

Energieeinsparverordnung (EnEV)

Seit dem 01.02.2002 hat die Energieeinsparverordnung (EnEV) die Wärmeschutzverordnung (WSchVO95) abgelöst und wurde seither mehrmals erneuert. Sie gilt nun seit dem 1.10.2009 in einer überarbeiteten Fassung. In der EnEV werden nicht nur maximale Transmissionswärmeverluste festgelegt, sondern auch der maximale > Jahres-Primärenergiebedarf. D. h., es gehen nicht nur die Eigenschaften der Gebäudehüllflächen, sondern auch die der Anlagentechnik (Heizung, Warmwassererzeugung) mit ein. Der maximal zulässige Primärenergiebedarf wird über ein Referenzgebäude ermittelt, welches in der Geometrie und Orientierung dem zu berechnenden Gebäude entspricht. Für die bauliche Ausführung und die Anlagentechnik werden dazu jedoch Referenzwerte nach EnEV angesetzt. Im Falle einer Sanierung sind maximale U-Werte der sanierten Bauteile einzuhalten. Alternativ dürfen der Jahres-Primärenergiebedarf und der spezifische Transmissionswärmeverlust nachgewiesen werden. Die Höchstwerte für einen entsprechenden Neubau dürfen dabei um maximal 40 % überschritten werden. Es gilt eine Nachrüstverpflichtung für alte und schlechte Heizungsanlagen.

Energiepreise

Einerseits ist eine langfristige Vorhersage der Energiepreise sehr spekulativ und damit in einer belastbaren Weise nicht möglich, andererseits ist für eine Aussage zur > Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen eine Annahme von Energiepreisen notwendig. Bei einer Energiepreissteigerung von jährlich 10% ist der Wert der eingesparten Energie – bezogen auf 20 Jahre – rund doppelt so hoch als bei einer Preissteigerung von jährlich 6% und wirkt sich damit stark auf die > Wirtschaftlichkeit aus. Energiepreise und Preissteigerungen waren in der Vergangenheit für verschiedene Brennstoffe und Energieträger stark unterschiedlich. Einen guten und laufend aktualisierten Vergleich dazu bietet die Energieagentur NRW unter www.ea-nrw.de/infografik

g-Wert

Strahlungsdurchlässigkeit transparenter Flächen (Fenster). Je kleiner dieser dimensionslose Faktor ist, desto geringer ist die Strahlungsdurchlässigkeit und desto geringer werden die solaren Wärmegewinne.

Heizenergiebedarf

> Endenergiebedarf zur Wärmeerzeugung in der Heizungsanlage

Heizlast

Zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Raumtemperatur notwendige Wärmemenge je Zeiteinheit in Watt. Die Heizlast multipliziert mit einer Zeitspanne, in der diese Wärmeleistung erbracht wird, ergibt den Wärmebedarf. Benötigt ein Raum beispielsweise eine Heizlast von konstant 1 kW (Kilowatt), so entsteht innerhalb einer Stunde ein > Heizwärmebedarf von 1 kWh.

Heizkörperthermostat

Regelungseinrichtung am Heizkörper. Das Ventil wird nur dann geöffnet, wenn eine eingestellte Soll-Temperatur unterschritten wird. Heute bei Wohngebäuden Pflicht.

Heizwärmebedarf

> Nutzenergie Heizung

Hinterlüftete Fassadenverkleidung

Die Maßnahme besteht aus einer Unterkonstruktion (Holz) und einer entsprechenden Außenverkleidung (Holzschalung, etc.) als Wetterschutz. Zwischen der Unterkonstruktion wird lückenlos Dämmung eingebracht. Wichtig ist eine winddichte Ausführung.

hydraulischer Abgleich

Zum hydraulischen Abgleich sind die Wassermengen der einzelnen Heizkörper oder Fußbodenheizungen zu begrenzen, die Leitungsstränge abzugleichen, die Pumpenleistung anzupassen und die Vorlauftemperatur einzustellen. Die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB Teil C und DIN 18380 verpflichten den Fachhandwerker zum hydraulischen Abgleich. Zur Erlangung von Fördermitteln wird in der Regel der Nachweis des hydraulischen Abgleichs gefordert. Ein mangelhafter hydraulischer Abgleich kann zu Funktionsstörungen sowie zu erhöhtem Brennstoff- und Pumpenstromverbrauch führen.

Jahresnutzungsgrad

Ist das Verhältnis der von einer Feuerungsanlage nutzbar abgegebenen Wärmemenge zu dem der Feuerungsanlage mit dem Brennstoff zugeführten Wärmeinhalt bezogen auf ein Jahr. Ein System mit hohem Jahresnutzungsgrad arbeitet wesentlich wirtschaftlicher. Schlechte Nutzungsgrade kommen durch hohe > Bereitschaftsverluste und/oder hohe > Abgasverluste zustande.

Jahres-Primärenergiebedarf

Energiemenge für die Beheizung, Warmwasserbereitung, Belüftung und Kühlung eines Wohngebäudes einschließlich der Verluste der Anlagentechnik sowie des energetischen Aufwands für Gewinnung, Umwandlung und Transport des Energieträgers. Der Anteil > regenerativer Energien ist im Jahres-Primärenergiebedarf bereits abgezogen. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderungsgröße der > Energieeinsparverordnung und bezeichnet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes.

Kosten/Nutzen-Verhältnis

Das Kosten/Nutzen-Verhältnis ist das Verhältnis zwischen energetisch bedingten Investitionskosten (Kosten) zur Energiekosteneinsparung (Nutzen) ohne Berücksichtigung von Finanzierungskosten und Energiepreisteigerung. Es zeigt eine statische > Amortisationszeit ohne Berücksichtigung von Energiepreisteigerungen und Finanzierungskosten. Das Kosten/Nutzen-Verhältnis dient zur Einordnung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen.

Kesselwirkungsgrad

Ist das Verhältnis der von einer Feuerungsanlage nutzbar abgegebenen Wärmemenge zu dem der Feuerungsanlage mit dem Brennstoff zugeführten Wärmeinhalt im Dauerbetrieb bei Nennleistung. Er berücksichtigt die > Abgasverluste und Wärmeverluste an den Aufstellraum eines Heizkessels. Regelverluste, Verluste im Teillastbetrieb und Bereitschaftsverluste bleiben jedoch unberücksichtigt. Diese sind im > Jahresnutzungsgrad enthalten.

kWh

(Kilowattstunde) Einheit für Energie bzw. Arbeit oder Wärmemenge.

Luftwechselrate

Anteil der stündlich ausgetauschten Luftmenge im Verhältnis zum beheizten Luftvolumen des Gebäudes. Eine Luftwechselrate von 0,7 /h bedeutet beispielsweise, dass bei einem Gebäude mit einem Luftvolumen von 1000 m³ jede Stunde 700 m³ Raumluft gegen Außenluft ausgetauscht werden.

Nachtabsenkung

Regelungseinrichtung, die automatisch (nach Zeitschaltuhr) für einige Stunden (v.a. nachts) die > Vorlauftemperatur des Heizkessels um 3-5°C herunter regelt.

Niedertemperatur

Mit einer entsprechenden Heizungsanlage und größeren Heizkörperflächen kann man mit einer niedrigeren Temperatur des Heizwassers heizen. Gute Heizungsanlagen (heute Standard bei Heizkörpern) können mit 40°-55°C > Vorlauftemperatur auskommen, bei Fußboden- oder Wandheizungen sogar mit unter 35°C. Die dadurch niedrigeren Bereitschafts- und Abgasverluste führen zu einem geringeren Energieverbrauch, benötigen aber auch einen besonderen Schornstein (> Schornsteinversottung). Ein Niedertemperatur-Heizkessel ist ein Heizkessel, der kontinuierlich mit einer Eintrittstemperatur von 35 bis 40 Grad Celsius betrieben werden kann und in dem es unter bestimmten Umständen zur Kondensation des in den Abgasen enthaltenen Wasserdampfes kommen kann.

Nutzungsdauer

Angenommene Lebensdauer einer technischen Anlage oder einer Wärmedämmmaßnahme, während der sie die geplanten Aufgaben rentabel erfüllen kann.

Nutzenergie Heizung

Wärmemenge (Nutzenergie), die das Heizsystem an die beheizten Räume übergeben muss, um die Räume auf der gewünschten Innentemperatur halten zu können. Der Nutzenergiebedarf Heizung errechnet sich aus der energetischen Qualität der Gebäudekonstruktion (Transmissions- und Lüftungswärmebedarf, solare und interne Wärmegewinne). Die Nutzenergie beinhaltet keine Wärmeverluste der Heizungsanlage.

Nutzenergie Trinkwarmwasser

Wärmemenge (Nutzenergie), die dem Trinkwasser zur Erwärmung auf die gewünschte Warmwassertemperatur zugeführt werden muss. Die Nutzenergie beinhaltet keine Wärmeverluste der Trinkwarmwasseranlage.

Regelung

> Heizenergieverluste können durch optimale Regelung weitgehend minimiert werden. Wichtige Ansatzpunkte: Wärme soll nur dahin gelangen, wo sie zur Zeit auch benötigt wird (Heizkörper- und Raumthermostate); die > Vorlauftemperatur soll nur so hoch sein, wie sie zur Erfüllung des Heizzweckes unbedingt erforderlich ist (> Nachtabenkung, > Außenthermostat). Die Feuerungsleistung des Brenners soll so eingestellt werden, dass unnötige > Bereitschaftsverluste vermieden werden.

Regenerative Energien

Auch erneuerbare Energien genannt, sind die in der Umwelt vorhandene und sich durch natürliche Vorgänge erneuernde Energieformen. Im wesentlichen handelt es sich dabei um Sonnenenergie (Solarkollektoren und Photovoltaik), Umweltwärme (nutzbar gemacht mit Wärmepumpen), Erdwärme (aus tiefen Erdschichten), Wasserkraft (Wasserkraftwerke), Wellenenergie, Windenergie sowie Biomasse (Holz, Biogas etc.)

Schadstoffe

Beim Hausbrand entstehen im Wesentlichen die Schadstoffe CO₂, SO₂, NO_x und Stäube. (siehe auch > Emissionen)

CO₂

Kohlendioxid ist ein geruchs- und farbloses Gas, das bei jeder Verbrennung von Kohlenwasserstoffen wie Heizöl, Erdgas oder Holz entsteht und für den "Treibhauseffekt" mitverantwortlich ist. Kann ausschließlich durch Verringerung des eingesetzten Brennstoffes reduziert werden. Bei regenerativen Energien wie Holz wird das CO₂ wieder durch das nachwachsende Holz gebunden; man spricht hier daher von CO₂-Neutralität.

SO₂

Schwefeldioxid ist ein übelriechendes Gas, hautreizend und giftig. Entsteht bei der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe (Kohle, Heizöl, etc.). Mitverantwortlich für den "sauren Regen" (Waldsterben).

NO_x

Stickoxide (NO und NO₂) sind Atemgifte, Mitverursacher des "sauren Regens".

Staub

In diesem Zusammenhang anfallende Kleinstpartikel (auch Ruß), die bei der Verbrennung insbesondere fester und flüssiger Brennstoffe freigesetzt werden.

Schornsteinversottung

Durch Kondensation der Abgase (bei der Verbrennung von 1 m³ Erdgas entsteht rund 2 kg Wasserdampf, bei 1 Liter Heizöl rund 1 kg) hervorgerufene Schäden am Schornstein. Treten häufig bei niedrigen Abgastemperaturen auf, da der (schwefelhaltige) Wasserdampf als schwefelige Säure bereits im Schornstein auskondensiert. Kann durch angepasste Schornsteinquerschnitte mit feuchteunempfindlichen Materialien verhindert werden.

Transmission

Wärmedurchgang durch ein Bauteil, durch Strahlung und durch Konvektion an den Oberflächen. Wird errechnet aus dem > U-Wert und der Fläche des Bauteils.

Trinkwasserwärmebedarf

> Nutzenergie Trinkwarmwasser

U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient)

Größe für die > Transmission durch ein Bauteil. Er beziffert die Wärmemenge, die bei einem Grad Temperaturunterschied durch einen Quadratmeter des Bauteils entweicht. Folglich sollte ein U-Wert möglichst gering sein. Wird bestimmt durch die Dicke des Bauteils und den > Lambda-Wert des Baustoffes.

Vorlauftemperatur

Temperatur des Heizwassers bei Verlassen des Kessels. Rücklauftemperatur ist die Temperatur beim Eintritt in den Kessel.

Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Bereiche der Gebäudehülle, bei denen gegenüber den Hüllflächen besonders hohe Wärmeverluste auftreten. Neben geometrischen (Ecken, Kanten) gibt es insbesondere konstruktive Wärmebrücken, die an Bauteilanschlüssen (Fenster, Balkon, usw.) auftreten. In der > Energieeinsparverordnung werden lineare Wärmebrücken durch einen Aufschlag auf den > Transmissionswärmeverlust der gesamten Gebäudehülle berücksichtigt. Dieser Aufschlag wird in der Regel pauschal angesetzt, kann aber auch genau errechnet werden.

Wärmedämmung

Wichtigste (meist auch kostengünstigere) Methode der Energieeinsparung. Durch Wärmedämmung wird die > Transmission (Wärmeverlust durch Bauteile) herabgesetzt. Zur Wärmedämmung genutzte Baustoffe werden nach ihrer Wärmeleitfähigkeit, ihren Kosten, ihrem Energieaufwand bei der Herstellung und unter ökologischen Kriterien beurteilt bzw. unterschieden. Gängige Baustoffe sind Polystyrol, Mineralwolle (Stein- oder Glaswolle), Polyurethanschäume, Kork, Zellulosefasern, Holzfasern u.v.m.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit λ gibt an, wie gut oder schlecht wärmeleitend ein Baustoff ist. Gut wärmedämmende Baustoffe haben eine geringe Wärmeleitfähigkeit ($\lambda < 0,04 \text{ W/mK}$), schlecht wärmedämmende Baustoffe eine hohe (Beton: $\lambda = 2,30$).

Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeit bedeutet im ökonomischen Sinn das Verhältnis aus geldwerten Kosten und Leistung. Damit ist eine Maßnahme wirtschaftlich, wenn die Leistung innerhalb eines bestimmten Zeitraums höher ist als die Kosten. Bei der energetischen Sanierung von selbstgenutzten Gebäuden können als Leistung eingesparte Energiekosten verbucht werden, bei vermieteten Gebäuden etwa ein angehobener Mietzins. Da die > Energiepreise nicht vorhergesagt werden können, hängt die Aussage zur Wirtschaftlichkeit sehr stark von der Prognose der zukünftigen Energiekostenentwicklung ab. Manche Vorteile der energetischen Gebäudesanierung, wie z.B. erhöhter Wohnkomfort, lassen sich schwer in Euro beziffern, fließen deshalb nicht in die Bewertung ein, führen damit zu einer unvollständigen Aussage und einer zu schlechten Bewertung der Wirtschaftlichkeit.

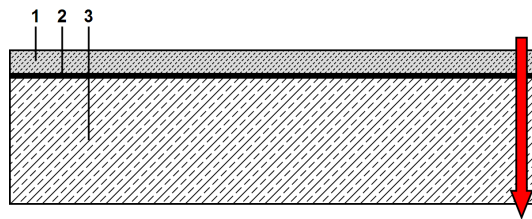
WDVS

Eine Schicht > Wärmedämmung wird auf dem Außenmauerwerk, i.d.R. auf den tragfähigen Außenputz verklebt und mit Dübeln zusätzlich verankert. Darüber wird ein Armierungsputz aufgezogen und Glasfasergewebe eingelegt. Als Endbeschichtung werden mineralische Putze mit Anstrich oder Kunstharzputze eingesetzt. Der Dämmstoff kann aus Polystyrol-Hartschaum oder Steinwolle-Platten bestehen. Er muss den Anforderungen an Wärmeleitfähigkeit, Verhalten gegen Feuchtigkeit, Druck- und Zugfestigkeit sowie dem Brandverhalten genügen. Eine Putzoberfläche der Hauswände wäre damit weiterhin möglich.

Übersicht über die Bauteilaufbauten

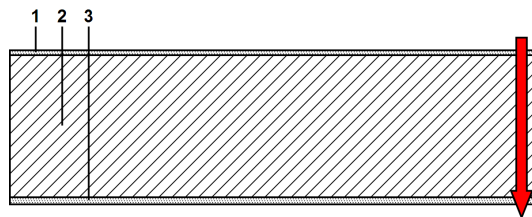
Bauteil: Aufbau Kellerdecke (U = 1,80 W/m²K)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	3,00	Zementestrich
2	0,50	Korkdämmplatten
3	16,00	Normalbeton DIN 1045 1% Stahl



Bauteil: Aufbau Außenwand (U = 1,40 W/m²K)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	1,00	Kalkgipsmörtel
2	30,00	Hochlochziegel 1,4
3	1,50	Kalkmörtel



Bauteil: Aufbau Decke gegen kalten Dachraum ($U = 1,29 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Bereich 1

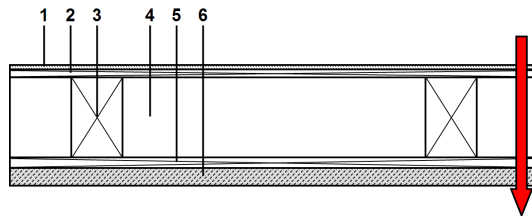
Breite: 12,0 cm

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	1,00	Kalkgipsmörtel
2	1,80	Nadelholz
3	18,00	Nadelholz
5	2,40	Nadelholz
6	4,00	Zementestrich

Bereich 2

Breite: 68,0 cm

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	1,00	Kalkgipsmörtel
2	1,80	Nadelholz
4	18,00	Luftschicht ruhend, Wärmestrom aufwärts
5	2,40	Nadelholz
6	4,00	Zementestrich



Bauteil: Aufbau Dachflächen ($U = 0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Bereich 1

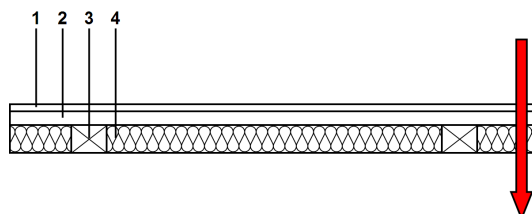
Breite: 8,0 cm

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	1,50	Gipskartonplatten (900 kg/m³)
2	3,00	Luftschicht ruhend, Wärmestrom aufwärts
3	6,00	Nadelholz

Bereich 2

Breite: 72,0 cm

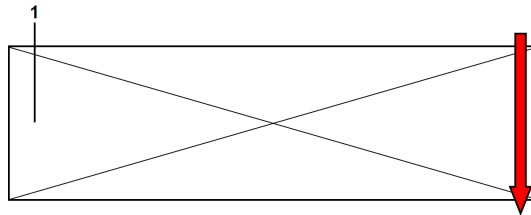
Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	1,50	Gipskartonplatten (900 kg/m³)
2	3,00	Luftschicht ruhend, Wärmestrom aufwärts
4	6,00	Faserdämmstoff 045 DIN 18 165/1



Bauteil: Aufbau Haustüre ($U = 2,09 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
----------------	---------------	----------

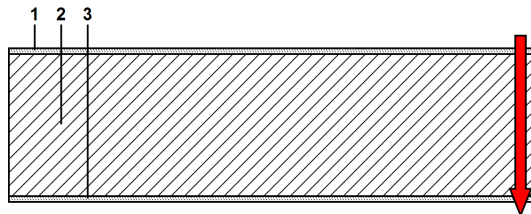
1	4,00	Nadelholz
---	------	-----------



Bauteil: Aufbau Kellerinnenwand ($U = 1,44 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
----------------	---------------	----------

1	1,00	Kalkmörtel
2	24,00	Hochlochziegel 1,4
3	1,00	Kalkmörtel



Übersicht der opaken Bauteile

Bauteil: Kellerinnenwände

Bauteilaufbau: Aufbau Kellerinnenwand

U-Wert	1,44 W/m ² K	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	40,00 Wh/m ² K	C _a	40,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,13 m ² K/W
Orientierung	hori.	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Unbeheizt

Flächen-Berechnung:

Abwicklung	(2,2+2,6)*2*2,25*1	21,60 m ²
------------	--------------------	----------------------

Bauteil: Haustüre

Bauteilaufbau: Aufbau Haustüre

U-Wert	2,09 W/m ² K	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	14,00 Wh/m ² K	C _a	14,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,04 m ² K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Türe	1,1*2,13*1*1	2,34 m ²
------	--------------	---------------------

Bauteil: Decke gegen kalten Dachraum

Bauteilaufbau: Aufbau Decke gegen kalten Dachraum

U-Wert	1,29 W/m ² K	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	13,97 Wh/m ² K	C _a	32,51 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R _{si}	0,10 m ² K/W	R _{se}	0,10 m ² K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Unbeheizt

Flächen-Berechnung:

Grundfläche Spitzboden 1	12,800*8,800*(1-2,700/4,400)	43,52 m ²
--------------------------	------------------------------	----------------------

Bauteil: Dachfläche

Bauteilaufbau: Aufbau Dachflächen

U-Wert	0,64 W/m ² K	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	11,86 Wh/m ² K	C _a	9,10 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R _{si}	0,10 m ² K/W	R _{se}	0,10 m ² K/W
Orientierung	NO	Neigung	45,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Dachfläche 1	$2 \cdot 12,800 \cdot \sqrt{((8,800/2)^2 + 4,400^2)} \cdot 2,700/4,400$	97,75 m ²
Dachflächenfenster	(Siehe transparente Bauteile)	-3,63 m ²
Gesamtfläche		94,12 m ²

Bauteil: Außenwand 1 W

Bauteilaufbau: Aufbau Außenwand

U-Wert	1,40 W/m ² K	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	38,89 Wh/m ² K	C _a	40,56 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,04 m ² K/W
Orientierung	NO	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Ansicht Fassade W 4	8,800*5,800	51,04 m ²
Giebelwand W 4	$8,800 \cdot 2,700 \cdot (2 - 2,700/4,400)/2$	16,47 m ²
Fenster West	(Siehe transparente Bauteile)	-6,23 m ²
Gesamtfläche		61,28 m ²

Bauteil: Außenwand 1 S

Bauteilaufbau: Aufbau Außenwand

U-Wert	1,40 W/m ² K	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	38,89 Wh/m ² K	C _a	40,56 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,04 m ² K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Ansicht Fassade S 3	12,800*5,800	74,24 m ²
Fenster Süd	(Siehe transparente Bauteile)	-16,99 m ²
Gesamtfläche		57,25 m ²

Bauteil: Außenwand 1 O

Bauteilaufbau: Aufbau Außenwand

U-Wert	1,40 W/m ² K	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	38,89 Wh/m ² K	C _a	40,56 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,04 m ² K/W
Orientierung	SW	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Ansicht Fassade O 2	8,800*5,800	51,04 m ²
Giebelwand O 2	$8,800 \cdot 2,700 \cdot (2 - 2,700/4,400)/2$	16,47 m ²
Fenster Ost	(Siehe transparente Bauteile)	-6,23 m ²
Gesamtfläche		61,28 m ²

Bauteil: Außenwand 1 N

Bauteilaufbau: Aufbau Außenwand

U-Wert	1,40 W/m ² K	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	38,89 Wh/m ² K	C _a	40,56 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,04 m ² K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Ansicht Fassade N 1	12,800*5,800	74,24 m ²
Haustüre	(Siehe opake Bauteile)	-2,34 m ²
Fenster Nord	(Siehe transparente Bauteile)	-6,12 m ²
Gesamtfläche		65,78 m ²

Bauteil: Kellerdecke

Bauteilaufbau: Aufbau Kellerdecke

U-Wert	1,80 W/m ² K	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	16,94 Wh/m ² K	C _a	63,89 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R _{si}	0,17 m ² K/W	R _{se}	0,17 m ² K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Unbeheizt

Flächen-Berechnung:

Grundfläche 1	12,800*8,800	112,64 m ²
---------------	--------------	-----------------------

Übersicht der transparenten Bauteile

Fenster: Fenster Süd

Fensteraufbau: Fenster Fassade

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	keine Angabe	U_w	2,70 W/(m²K)
Durchlassgrad g_f	0,70	Durchlassgrad g_{tot}	0,00
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,70
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Typ 1	1,21*1,51*2*2	7,31 m²
Typ 2	1,21*2,13*1*2	5,15 m²
Typ 3	1,5*1,51*2*1	4,53 m²
Gesamtfläche		16,99 m²

Fenster: Fenster Nord

Fensteraufbau: Fenster Fassade

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	keine Angabe	U_w	2,70 W/(m²K)
Durchlassgrad g_f	0,70	Durchlassgrad g_{tot}	0,00
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,70
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Typ 1	1,21*1,51*1*3	5,48 m²
Typ 2	0,8*0,8*1*1	0,64 m²
Gesamtfläche		6,12 m²

Fenster: Fenster Ost

Fensteraufbau: Fenster Fassade

Orientierung	SW	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	keine Angabe	U_w	2,70 W/(m²K)
Durchlassgrad g_f	0,70	Durchlassgrad g_{tot}	0,00
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,70
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Typ 1	1,21*1,51*2*1	3,65 m²
Typ 2	1,21*2,13*1*1	2,58 m²
Gesamtfläche		6,23 m²

Fenster: Fenster West

Fensteraufbau: Fenster Fassade

Orientierung	NO	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	keine Angabe	U_w	2,70 W/(m²K)
Durchlassgrad g_f	0,70	Durchlassgrad g_{tot}	0,00
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,70
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Typ 1	1,21*1,51*2*1	3,65 m²
Typ 2	1,21*2,13*1*1	2,58 m²
Gesamtfläche		6,23 m²

Fenster: Dachflächenfenster

Fensteraufbau: Dachflächenfenster

Orientierung	NO	Neigung	45,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	keine Angabe	U_w	2,70 W/(m²K)
Durchlassgrad g_f	0,70	Durchlassgrad g_{tot}	0,00
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,70
Zone innen	Wohnbereich	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Typ 1	0,75*1,21*4*1	3,63 m²
-------	---------------	---------

Übersicht der Grundlagen der Zonen

Zone: Unbeheizt

Diese Zone ist eine unbeheizte Zone

Allgemeine Grundlagen

beheiztes Volumen V_e	0,0 m ³
Luftvolumen V	0,0 m ³ (näherungsweise 0,76 * V_e)
Luftwechselrate Beheizt-Unbeheizt	0,50 1/h
Luftwechselrate Unbeheizt-Außenluft	0,50 1/h

Zone: Wohnbereich

Allgemeine Grundlagen

beheiztes Volumen V_e	864,1 m ³
Luftvolumen V	656,7 m ³ (näherungsweise 0,76 * V_e)
Nutzfläche A_N	276,5 m ² (näherungsweise 0,32 * V_e)

Monatliche Grundlagen

Monat	ϑ_i [°C]	n_L [1/h]	$\Phi_{i,M}$ [W]
Januar	19,0	0,70	1.382,6
Februar	19,0	0,70	1.382,6
März	19,0	0,70	1.382,6
April	19,0	0,70	1.382,6
Mai	19,0	0,70	1.382,6
Juni	19,0	0,70	1.382,6
Juli	19,0	0,70	1.382,6
August	19,0	0,70	1.382,6
September	19,0	0,70	1.382,6
Oktober	19,0	0,70	1.382,6
November	19,0	0,70	1.382,6
Dezember	19,0	0,70	1.382,6

Berechnung beheiztes Volumen V_e :

Volumen Höhe h1 1	12,800*8,800*5,800	653,3 m ³
Volumen Dachraum 1	12,800*8,800*2,700*(2-2,700/4,400)/2	210,8 m ³
Gesamtvolumen		864,1 m ³

Bei der Berechnung der Wärmeverluste wird eine Nachtabstaltung der Heizung berücksichtigt:

Dauer der Nachtabstaltung t_u	7 h
spezifischer Wärmeverlust der Bauteile und der Innenluft H_{ic}	8.508,3 W/K
spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile H_w	105,9 W/K
Auslegungsheizleistung Φ_{pp}	43.217 W

Berechnungen der einzelnen Zonen

Zone: Wohnbereich

Netto-Grundfläche A_N	276,5 m ²
Brutto-Volumen V_e	864,1 m ³
Netto-Volumen V	656,7 m ³
wirksame Wärmekapazität C_{wirk}	43.206 Wh/K (Standardwert schweres Gebäude: 50 Wh/m ³ K)

Spezifische Wärmeverluste

Bauteil	zu Zone	Fläche [m ²]	U-Wert [W/m ² K]	Faktor [-]	$H_{T,FH}$ [W/K]	H_T [W/K]
Außenwand 1 N	Außenluft	65,78	1,400	1,00	0,00	92,09
Außenwand 1 O	Außenluft	61,28	1,400	1,00	0,00	85,79
Außenwand 1 S	Außenluft	57,25	1,400	1,00	0,00	80,15
Außenwand 1 W	Außenluft	61,28	1,400	1,00	0,00	85,79
Dachfläche	Außenluft	94,12	0,640	1,00	0,00	60,24
Decke gegen kalten Dachraum	Unbeheizt	43,52	1,290	0,80	0,00	44,91
Haustüre	Außenluft	2,34	2,090	1,00	0,00	4,90
Kellerdecke	Unbeheizt	112,64	1,800	0,70	0,00	141,93
Kellerinnenwände	Unbeheizt	21,60	1,440	0,50	0,00	15,55
Fenster Süd	Außenluft	16,99	2,700	1,00	0,00	45,88
Fenster Nord	Außenluft	6,12	2,700	1,00	0,00	16,53
Fenster Ost	Außenluft	6,23	2,700	1,00	0,00	16,83
Fenster West	Außenluft	6,23	2,700	1,00	0,00	16,83
Dachflächenfenster	Außenluft	3,63	2,700	1,00	0,00	9,80
Gesamt		559,01			0,00	717,20

Wärmebrücke	zu Zone	Länge [m]	WBV-Faktor [W/mK]	H_T [W/K]
Zuschlag gem. EnEV Abs. 2.5 a)	Außenluft			55,90

Solare Wärmegewinne (Fenster)

Bauteil	zu Zone	Fläche [m ²]	Orient.	g_f [-]	Faktor [-]	$\Sigma Q_{S,M}$ [kWh]
Fenster Süd	Außenluft	16,99	S	0,70	0,486	4.701,2
Fenster Nord	Außenluft	6,12	N	0,70	0,486	905,4
Fenster Ost	Außenluft	6,23	O	0,70	0,486	1.513,8
Fenster West	Außenluft	6,23	W	0,70	0,486	1.513,8
Dachflächenfenster	Außenluft	3,63	W	0,70	0,486	1.236,2
Gesamt		39,21				9.870,3

Solare Wärmegewinne (opake Bauteile und TWD)

Bauteil	zu Zone	Fläche [m ²]	Orient.	g_{eq} [-]	ϕ_E [W]	$\Sigma Q_{S,M}$ [kWh]
---------	---------	-----------------------------	---------	-----------------	-----------------	---------------------------

Keine Wärmegewinne

Monatliche Gesamtwärmeverluste

Monat	Stunden [h]	$\theta_{e,M}$ [°C]	$\Delta\theta_M$ [K]	$Q_{T,M}$ [kWh]	$Q_{V,M}$ [kWh]	$\Delta Q_{H,M}$ [kWh]	$Q_{S,op,M}$ [kWh]	$Q_{I,M,Z}$ [kWh]	$Q_{I,M}$ [kWh]
Januar	744	-1,3	20,3	11.676	2.361	-1.242	0	0	12.795
Februar	672	0,6	18,4	9.559	1.933	-985	0	0	10.507
März	744	4,1	14,9	8.570	1.733	-846	0	0	9.457
April	720	9,5	9,5	5.288	1.069	-513	0	0	5.844
Mai	744	12,9	6,1	3.509	709	-341	0	0	3.877
Juni	720	15,7	3,3	1.837	371	-178	0	0	2.030
Juli	744	18,0	1,0	575	116	-56	0	0	636
August	744	18,3	0,7	403	81	-39	0	0	445
September	720	14,4	4,6	2.560	518	-249	0	0	2.830
Oktober	744	9,1	9,9	5.694	1.151	-553	0	0	6.293
November	720	4,7	14,3	7.960	1.609	-781	0	0	8.788
Dezember	744	1,3	17,7	10.181	2.058	-1.038	0	0	11.201

Monatliche Gesamtwärmegewinne

Monat	$Q_{S,tr,M}$ [kWh]	$Q_{S,TWD,M}$ [kWh]	$Q_{SS,M}$ [kWh]	$Q_{S,M}$ [kWh]	$Q_{I,M}$ [kWh]	$Q_{g,M,Z}$ [kWh]	$Q_{g,M}$ [kWh]
Januar	370,8	0,0	0,0	371	1.029	0	1.399
Februar	415,2	0,0	0,0	415	929	0	1.344
März	631,9	0,0	0,0	632	1.029	0	1.661
April	1.200,7	0,0	0,0	1.201	995	0	2.196
Mai	1.222,4	0,0	0,0	1.222	1.029	0	2.251
Juni	1.344,0	0,0	0,0	1.344	995	0	2.339
Juli	1.433,5	0,0	0,0	1.433	1.029	0	2.462
August	1.099,9	0,0	0,0	1.100	1.029	0	2.129
September	934,7	0,0	0,0	935	995	0	1.930
Oktober	623,8	0,0	0,0	624	1.029	0	1.652
November	370,1	0,0	0,0	370	995	0	1.366
Dezember	223,1	0,0	0,0	223	1.029	0	1.252

Monatlicher Wirkungsgrad der Wärmegewinne

Monat	θ_e [°C]	θ_{ed} [°C]	t_{HP} [d]	t_M [d]	$t_{HP/tM}$ [-]	τ_M [h]	η_M [-]
Januar	-1,3	17,4	31	31	1,00	46,5	1,00
Februar	0,6	17,3	28	28	1,00	46,5	1,00
März	4,1	17,1	31	31	1,00	46,5	1,00
April	9,5	16,4	30	30	1,00	46,5	0,99
Mai	12,9	16,4	31	31	1,00	46,5	0,95
Juni	15,7	16,2	14	30	0,47	46,5	0,74
Juli	18,0	16,2	0	31	0,00	46,5	0,26
August	18,3	16,5	0	31	0,00	46,5	0,21
September	14,4	16,7	26	30	0,87	46,5	0,92
Oktober	9,1	17,1	31	31	1,00	46,5	1,00
November	4,7	17,4	30	30	1,00	46,5	1,00
Dezember	1,3	17,6	31	31	1,00	46,5	1,00
Gesamt			283				

Monatliche Wärmebilanz

Monat	$Q_{T,M}$ [kWh]	$Q_{V,M}$ [kWh]	$\eta \cdot Q_{i,M}$ [kWh]	$\eta \cdot Q_{s,M}$ [kWh]	$Q_{i,M}$ [kWh]	$\eta \cdot Q_{g,M}$ [kWh]	$Q_{H,M}$ [kWh]
Januar	11.676	2.361	1.028	371	12.795	1.399	11.396
Februar	9.559	1.933	929	415	10.507	1.344	9.163
März	8.570	1.733	1.028	631	9.457	1.659	7.798
April	5.288	1.069	982	1.184	5.844	2.166	3.678
Mai	3.509	709	973	1.156	3.877	2.130	1.748
Juni	1.837	371	733	989	2.030	1.722	308
Juli	575	116	265	369	636	633	2
August	403	81	215	230	445	444	1
September	2.560	518	912	856	2.830	1.768	1.062
Oktober	5.694	1.151	1.025	621	6.293	1.646	4.647
November	7.960	1.609	995	370	8.788	1.365	7.423
Dezember	10.181	2.058	1.028	223	11.201	1.252	9.949
Gesamt	67.812	13.710	10.112	7.416	74.702	17.527	57.174

Berechnung des Nutzwärmebedarfes Heizung

Heizwärmebedarf der beheizten Zonen

Zone	$\Sigma Q_{H,M}$ [kWh/a]
Wohnbereich	57.174

Monatlicher Heizwärmebedarf

Monat	Stunden [h]	ϑ_a [°C]	$Q_{H,M}$ [kWh/a]
Januar	744	-1,3	11.396
Februar	672	0,6	9.163
März	744	4,1	7.798
April	720	9,5	3.678
Mai	744	12,9	1.748
Juni	720	15,7	308
Juli	744	18,0	2
August	744	18,3	1
September	720	14,4	1.062
Oktober	744	9,1	4.647
November	720	4,7	7.423
Dezember	744	1,3	9.949

Gesamter Heizwärmebedarf

Jährlicher Heizwärmebedarf des Gebäudes Q_h	57.174	kWh/a
Heizwärmebedarf für Warmwasser-Bereitung Q_{tw}	3.457	kWh/a
Jährlicher Gesamtwärmebedarf Q_{ges}	60.631	kWh/a

Berechnung der Anlage nach DIN V 4701-10:2003-08

Trinkwassererwärmung

Strang: TW-Strang

Bestand: Gebäudezentrale Trinkwasserverteilung ohne Zirkulation: Zentrales Trinkwasserrohrnetz

mittl. Temperatur der Warmwasserleitungen $\vartheta_{TW,m}$:	32 °C
mittl. Umgebungstemperatur der Verteiler-Leitungen $\vartheta_{u,m}$:	13 °C
Wärmeverlustfaktor der Verteiler-Leitungen f_a :	1,00
Wärmeverlustfaktor der Strang- und Anbinde-Leitungen f_a :	0,15
Wärmeverlust Verteiler-Leitungen:	3,64 kWh/m ² a
Wärmeverlust Strang-Leitungen:	5,29 kWh/m ² a
Wärmeverlust Anbinde-Leitungen:	10,58 kWh/m ² a
Wärmeverlust aller Leitungen $q_{TW,d,we}$:	19,52 kWh/m ² a
Heizwärmegutschrift $q_{h,TW,d}$:	7,13 kWh/m ² a

Indirekt beheizter Trinkwasserspeicher im Bestand: Indirekt beheizter TW-Speicher

mittl. Temperatur des Warmwassers $\vartheta_{TW,m}$:	50 °C
mittl. Umgebungstemperatur des Speichers $\vartheta_{u,m}$:	13 °C
Wärmeverlustfaktor des Speichers f_a :	1,00
Wärmeverlust Speicher $q_{TW,s,we}$:	2,95 kWh/m ² a
Hilfsenergie Pumpe $q_{TW,s,he}$:	0,06 kWh/m ² a
Heizwärmegutschrift $q_{h,TW,s}$:	0,00 kWh/m ² a

Brennstoffgespeicher Kessel im Bestand: Niedertemperatur-Heizkessel

mittl. Kesseltemperatur ϑ_m :	36 °C
ges. Wärmebedarf des Trinkwasser-Stranges Q_{TW}^* :	9.668 kWh/a
Belastungsgrad des Kessels φ_{TW} :	0,02
Bereitschaftsverlust des Kessels bei mittl. Kesseltemperatur $q_{B,\vartheta}$:	0,005
Erzeuger-Aufwandszahl $e_{TW,g}$:	1,24
Hilfsenergie Kessel $q_{TW,g,he}$:	0,21 kWh/m ² a

Heizung

Strang: H-Strang

Bestand: freie Heizflächen: Heizkörper

Wärmeverluste $q_{H,ce,we}$:	3,30 kWh/m ² a
-------------------------------	---------------------------

Bestand: Zentrale Heizungsverteilung: Heizungsrohrnetz

mittl. Temperatur der Heizungs-Leitungen $\vartheta_{HK,m}$:	49 °C
mittl. Umgebungstemperatur der Verteiler-Leitungen $\vartheta_{u,m}$:	13 °C
Wärmeverlustfaktor der Verteiler-Leitungen f_a :	1,00
Wärmeverlustfaktor der Strang-Leitungen f_a :	0,48
Wärmeverlustfaktor der Anbinde-Leitungen f_a :	0,10
Wärmeverlust Verteiler-Leitungen:	9,91 kWh/m ² a
Wärmeverlust Strang-Leitungen:	6,59 kWh/m ² a
Wärmeverlust Anbinde-Leitungen:	5,75 kWh/m ² a
Wärmeverlust Heizungsverteilung $q_{H,d,we}$:	22,25 kWh/m ² a
Korrekturfaktor für regelbare Pumpen f_p :	1,00
Hilfsenergiebedarf der Umwälzpumpe $q_{H,d,he}$:	0,97 kWh/m ² a

Niedertemperatur-Kessel im Bestand: Niedertemperatur-Heizkessel

mittl. Temperatur des Kessels $\vartheta_{HK,m}$:	49 °C
Bereitschaftsverluste bei mittl. Temperatur $q_{B,\vartheta}$:	0,010
ges. Wärmebedarf des Heizungs-Stranges Q_H :	62.268 kWh/a
Belastungsgrad φ_B :	0,29
Belastungsfaktor f_φ :	1,00
Wärmeverlustfaktor f_c :	1,00
30%-Teillast-Wirkungsgrad:	0,89
Erzeuger-Aufwandszahl:	1,13
Hilfsenergie Kessel:	1,50 kWh/m ² a

Anlagenbewertung nach DIN V 4701-10:2003-08

Jahres-Bedarfsgröße	Nutzflächenbezo- gene Werte kWh/m ² a	absolute Werte kWh/a
Heizwärmebedarf für Raumwärme	$q_h = 206,76$	$Q_h = 57.174$
Heizenergiebedarf für Raumwärme	$q_{H,WE,E} = 254,66$	$Q_{H,WE,E} = 70.420$
Elektrische Hilfsenergie zur Erzeugung der Raumwärme	$q_{H,HE,E} = 2,47$	$Q_{H,HE,E} = 682$
Energiebedarf für Raumwärme incl. Hilfsenergie	$q_{H,E} = 257,13$	$Q_{H,E} = 71.101$
Primärenergiebedarf für Raumwärme	$q_{H,P} = 286,54$	$Q_{H,P} = 79.234$
Heizwärmebedarf für Warmwasser	$q_{tw} = 12,50$	$Q_{tw} = 3.457$
Heizenergiebedarf für Warmwassererzeugung	$q_{TW,WE,E} = 43,46$	$Q_{TW,WE,E} = 12.018$
Elektrische Hilfsenergie zur Erzeugung von Warmwasser	$q_{TW,HE,E} = 0,26$	$Q_{TW,HE,E} = 73$
Energiebedarf für Warmwasserbereitung incl. Hilfsenergie	$q_{TW,E} = 43,72$	$Q_{TW,E} = 12.091$
Primärenergiebedarf für Warmwasserbereitung	$q_{TW,P} = 48,49$	$Q_{TW,P} = 13.410$
Gesamtenergiebedarf für Raumerwärmung und Warmwasserbereitung	$q_E = 300,85$	$Q_E = 83.192$
Heizenergiebedarf für Lüftungsanlage	$q_{L,WE,E} = 0,00$	$Q_{L,WE,E} = 0$
Elektrische Hilfsenergie für Lüftungsanlage	$q_{L,HE,E} = 0,00$	$Q_{L,HE,E} = 0$
Energiebedarf für Lüftung incl. Hilfsenergie	$q_{L,E} = 0,00$	$Q_{L,E} = 0$
Primärenergiebedarf für Lüftungsanlage	$q_{L,P} = 0,00$	$Q_{L,P} = 0$
Gesamter Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasser incl. Hilfsenergie nach DIN 4701-10	$q_P = 335,03$	$Q_P = 92.643$
Gesamt-Anlagenaufwandszahl $e_p = 1,53$		

Anlagenbewertung nach DIN 4701-10 für ein Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Bezeichnung Gebäude: Beispiel BAFA-Energieberatung Bereich: Gesamtbereich
Ort: München Straße: Musterweg 123
Gemarkung: München Zentrum Flurstücknummer: 1234/5

I. Eingaben

	$A_N =$	276,5 m ²	$t_{HP} =$	185 d/a
	TRINKWASSER- ERWÄRMUNG		HEIZUNG	
absoluter Bedarf	$Q_{TW} =$	3.457 kWh/a	$Q_h =$	57.174 kWh/a
bezogener Bedarf	$q_{TW} =$	12,50 kWh/m ² a	$q_h =$	206,76 kWh/m ² a

II. Systembeschreibung

Übergabe				Bestand: freie Heizflächen					
Verteilung	Bestand: zentrale TW-Verteilung ohne Zirkulation			Bestand: zentr. Heizungsverteilung					
Speicher	Bestand: indirekt beh. TW-Speicher								

Erzeugung	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3	Erzeuger WÜT	Erzeuger L/L-WP	Erzeuger Heizreg.
Deckungsanteil	1,00			1,00					
Erzeuger	Bestand: NT- Kessel			Bestand: NT- Kessel					

III. Ergebnisse

Deckung von Q_h	$q_{h,TW} =$	7,1 kWh/m ² a	$q_{h,H} =$	199,6 kWh/m ² a	$q_{h,L} =$	0,0 kWh/m ² a
Σ Wärme	$Q_{TW,E} =$	12.018 kWh/a	$Q_{H,E} =$	70.420 kWh/a	$Q_{L,E} =$	0 kWh/a
Σ Hilfsenergie	$Q_{TW,HE} =$	73 kWh/a	$Q_{H,HE} =$	682 kWh/a	$Q_{L,HE} =$	0 kWh/a
Σ Primärenergie	$Q_{TW,P} =$	13.410 kWh/a	$Q_{H,P} =$	79.234 kWh/a	$Q_{L,P} =$	0 kWh/a

ENDENERGIE

$Q_E =$ 82.437 kWh/a
755 kWh/a Σ Wärme
 Σ Hilfsenergie

PRIMÄRENERGIE

$Q_P =$ 92.643 kWh/a Σ Primärenergie

ANLAGEN- AUFWANDSZAHL

$e_P =$ 1,53 [-]

TRINKWASSERERWÄRMUNG

Bereich: Gesamtbereich
TW-Strang: TW-Strang

$Q_{tw} = 3.457 \text{ kWh/a}$	$q_{tw} \times A_N$
$A_N = 276,5 \text{ m}^2$	aus DIN 4108-6
$q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	aus EnEV

Wärme (WE)

Rechenvorschrift/Quelle	Dimension			
q_{tw}	aus EnEV	[kWh/m ² a]		12,50
$q_{TW,ce}$		[kWh/m ² a]		0,00
$q_{TW,d}$		[kWh/m ² a]	+	19,52
$q_{TW,s}$		[kWh/m ² a]		2,95
Σ	$(q_{tw} + q_{TW,ce} + q_{TW,d} + q_{TW,s})$	[kWh/m ² a]		34,96
			Erzeuger 1	Erzeuger 2
$\alpha_{TW,g}$		[-]	1,000	
$e_{TW,g}$		[-]	1,243	
$q_{TW,E}$	$\Sigma q_{TW} \times (e_{TW,g,i} \times \alpha_{TW,g,i})$	[kWh/m ² a]	43,46	
f_P		[-]	1,1	
$q_{TW,P}$	$\Sigma q_{TW,E,i} \times f_{P,i}$	[kWh/m ² a]	47,81	

Heizwärmegutschriften

$q_{h,TW,d}$	7,13	
$q_{h,TW,s}$	0,00	
$q_{h,TW}$	7,13	$\Sigma q_{h,TW,d} + q_{h,TW,s}$

43,46 kWh/m²a Endenergie

47,81 kWh/m²a Primärenergie

Hilfsenergie (HE)

(Strom)	Rechenvorschrift/Quelle	Dimension		
$q_{TW,ce,HE}$		[kWh/m ² a]		0,00
$q_{TW,d,HE}$		[kWh/m ² a]	+	0,00
$q_{TW,s,HE}$		[kWh/m ² a]		0,06
			Erzeuger 1	Erzeuger 2
$\alpha_{TW,g}$		[-]	1,00	
$q_{TW,g,HE}$		[kWh/m ² a]	0,21	
$\alpha_g \times q_{g,HE}$		[kWh/m ² a]	0,21	
$\Sigma q_{TW,HE,E}$		[kWh/m ² a]		0,26
f_P		[-]		2,6
$q_{TW,HE,P}$	$\Sigma q_{TW,HE,E} \times f_{P,i}$	[kWh/m ² a]		0,7

0,26 kWh/m²a Endenergie

0,69 kWh/m²a Primärenergie

$Q_{TW,E}$	$\Sigma q_{TW,E} \times A_N$	Wärme	12.018 kWh/a
	$\Sigma q_{TW,HE,E} \times A_N$	Hilfsenergie	73 kWh/a
$Q_{TW,P}$	$(\Sigma q_{TW,P} + \Sigma q_{TW,HE,P}) \times A_N$		13.410 kWh/a

ENDENERGIE

PRIMÄRENERGIE

HEIZUNG

Bereich: Gesamtbereich
Heiz-Strang: H-Strang

$Q_h = 57.174 \text{ kWh/a}$	nach Abs. 4.1
$A_N = 276,5 \text{ m}^2$	aus DIN V 4108-6
$q_h = 206,76 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	

Wärme (WE)

	Rechenvorschrift/Quelle	Dimension			
q_h	nach Abschnitt 4.1	[kWh/m ² a]		206,76	
$q_{h,TW}$	Berechnungsblatt TW	[kWh/m ² a]	–	7,13	
$q_{h,L}$	Berechnungsblatt L	[kWh/m ² a]		0,00	
q_{ce}		[kWh/m ² a]		3,30	
q_d		[kWh/m ² a]	+	22,25	
q_s		[kWh/m ² a]		0,00	
Σ	$q_h \cdot q_{h,TW} + q_{h,L} + q_{ce} + q_d + q_s$	[kWh/m ² a]		225,18	
			Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3
α_g		[–]	1,000		
e_g		[–]	1,131		
q_E	$\Sigma q \times (e_{g,i} \times \alpha_{g,i})$	[kWh/m ² a]	254,66		
f_P		[–]	1,1		
q_P	$\Sigma q_{E,i} \times f_{P,i}$	[kWh/m ² a]	280,13		

254,66 kWh/m²aEndenergie

280,13 kWh/m²aPrimärenergie

Hilfsenergie (HE)

(Strom)	Rechenvorschrift/Quelle	Dimension			
$q_{ce,HE}$		[kWh/m ² a]		0,00	
$q_{d,HE}$		[kWh/m ² a]	+	0,97	
$q_{s,HE}$		[kWh/m ² a]		0,00	
			Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3
α_g		[–]	1,00		
$q_{g,HE}$		[kWh/m ² a]	1,50		
$\alpha_g \times q_{g,HE}$		[kWh/m ² a]	1,50		
$\Sigma q_{HE,E}$		[kWh/m ² a]		2,47	
f_P		[–]		2,6	
$q_{HE,P}$	$\Sigma q_{HE,E} \times f_{P,i}$	[kWh/m ² a]		6,4	

2,47 kWh/m²aEndenergie

6,41 kWh/m²aPrimärenergie

$Q_{H,E}$	$\Sigma q_E \times A_N$	Wärme	70.420 kWh/a
	$\Sigma q_{HE,E} \times A_N$	Hilfsenergie	682 kWh/a
$Q_{H,P}$	$(\Sigma q_P + \Sigma q_{HE,P}) \times A_N$		79.234 kWh/a

ENDENERGIE

PRIMÄRENERGIE