

## **Modellsanierungsgutachten für regionaltypische Altbauten des Kreises Mayen-Koblenz**

basierend auf dem

### **Gebäudeenergieberatungsbericht nach BAFA-Standard**



Wohnhaus S...str. 7. 56330 Kobern-Gondorf

Auftraggeber: Bau- & EnergieNetzwerk (BEN) Mittelrhein e.V.  
August-Horch-Str. 6-8  
56070 Koblenz

Eigentümer: J. L.  
S...str. 7  
56330 Kobern-Gondorf

Beratung +  
Gutachten pickartz.architektur  
Will Pickartz Architekt AKNW  
Gebäudeenergieberater BAFA  
Flettenbergweg 33  
53902 Bad Münstereifel

**Modellsanierungsgutachten für regionaltypische Altbauten  
des Kreises Mayen-Koblenz**

basierend auf dem

**Gebäudeenergieberatungsbericht nach BAFA-Standard**

Vorbemerkungen:

Für die Erstellung des Gutachtens, die Berechnung der Energiekennwerte und der Kostenwerte wurde die Software „EVA“ (Version 12/2010) des Ingenieurbüros Leuchter, Lise-Meitner-Str. 5-9, 42119 Wuppertal verwendet. Die Software ist vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), 65760 Eschborn für die förderfähige Vor-Ort-Beratung autorisiert.

Für das Gutachten wurden die Bestandspläne und die Hausakte zugrunde gelegt und durch eine Bauaufnahme und ein vereinfachtes Gebäudeaufmaß überprüft und ergänzt. Die für das Gutachten gezeichneten Pläne dienen der Veranschaulichung der räumlichen Zusammenhänge. Sie sind keine Bestandspläne; sie sind unmaßstäblich und geben den Bestand nicht im Detail wieder.

Die für die Berechnung der U-Werte der wärmeübertragenden Außenbauteile angenommenen Wärmeleitwerte der einzelnen Materialien sind nach der örtlichen Bauaufnahme angesetzt worden.

Insbesondere die Annahme über den Wärmeleitwert des Tonschiefer-Bruchsteinmauerwerks mit nicht genormtem Bruchstein und einem nicht genau zu benennenden Verhältnis zwischen Bruchstein und Mörtel ist ein der Realität eher angenäherter Wert.

Die Schichtenfolge mehrschichtiger Bauteile und die Stärke der eingebauten Dämmung entsprechen den Angaben des Eigentümers. Es wurden keine Bauteilöffnungen vorgenommen.

Die beschriebenen Bauschäden/Baumängel sind nach optischer Überprüfung (Inaugenscheinnahme) bewertet worden. Die darauf bezogenen Sanierungsempfehlungen sind als Anregung zu sehen. Sie ersetzen in keinem Fall das Gutachten eines Sachverständigen für Schäden an Gebäuden und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ansprüche auf Haftung oder Gewährleistung können daraus nicht abgeleitet werden. Konkrete Maßnahmen für die Sanierung können erst nach detaillierteren Untersuchungen empfohlen werden.

Bad Münstereifel, 31.01.2013

Will Pickartz

## **INHALTSVERZEICHNIS**

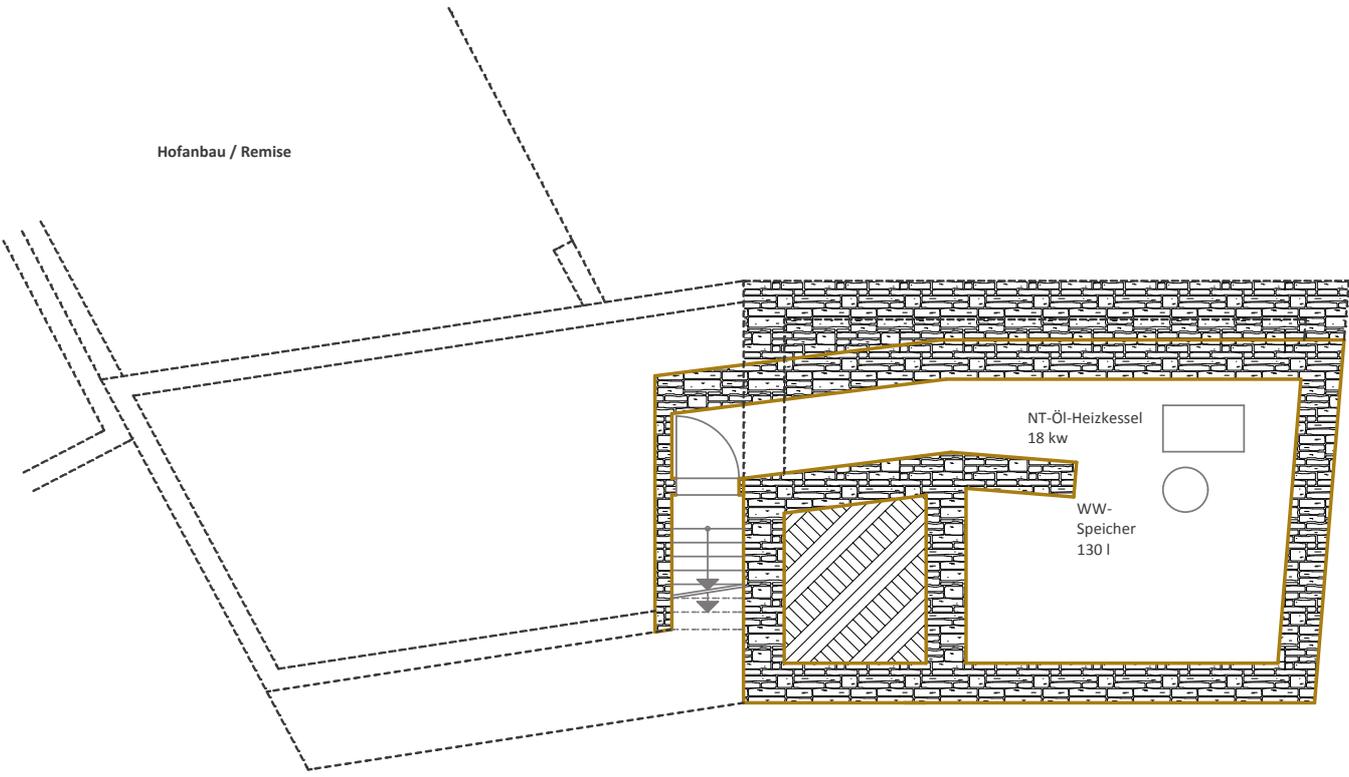
INHALTSVERZEICHNIS	3
BESTANDSZEICHNUNGEN	4-11
BAUDOKUMENTATION	12-13
BESTANDSAUFNAHME	13-19
SANIERUNGSEMPFEHLUNGEN	20

## **DIE ENERGETISCHE SANIERUNG**

VORBEMERKUNGEN	21-22
DER IST-ZUSTAND	23
DAS BILANZVERFAHREN DER ENEC	24
DER BERECHNUNGSWEG	25
DIE IST-ANALYSE: BAUTEILE + HEIZUNGSANLAGE	26-30
ENERGIEBILANZ DES BESTEHENDEN GEBÄUDES	31-34

## **VARIANTEN DER ENERGETISCHEN SANIERUNG**

TECHNISCHE VORBEMERKUNGEN	35-37
KONKRETE VARIANTEN + BERECHNUNGEN	38-52
VARIANTEN IM VERGLEICH: ERGEBNISSE + GRAFIKEN	53-55
WIRTSCHAFTLICHKEIT	56-59
TECHNISCHE ERLÄUTERUNGEN	60-62
SONSTIGE MASSNAHMEN / NACHRÜSTVERPFLICHTUNGEN DER ENEC	63-68
FÖRDERHINWEISE	68-69
GLOSSAR	70-71
ANHANG: AUFBAU DER BAUTEILE (U-WERTE)	72-86

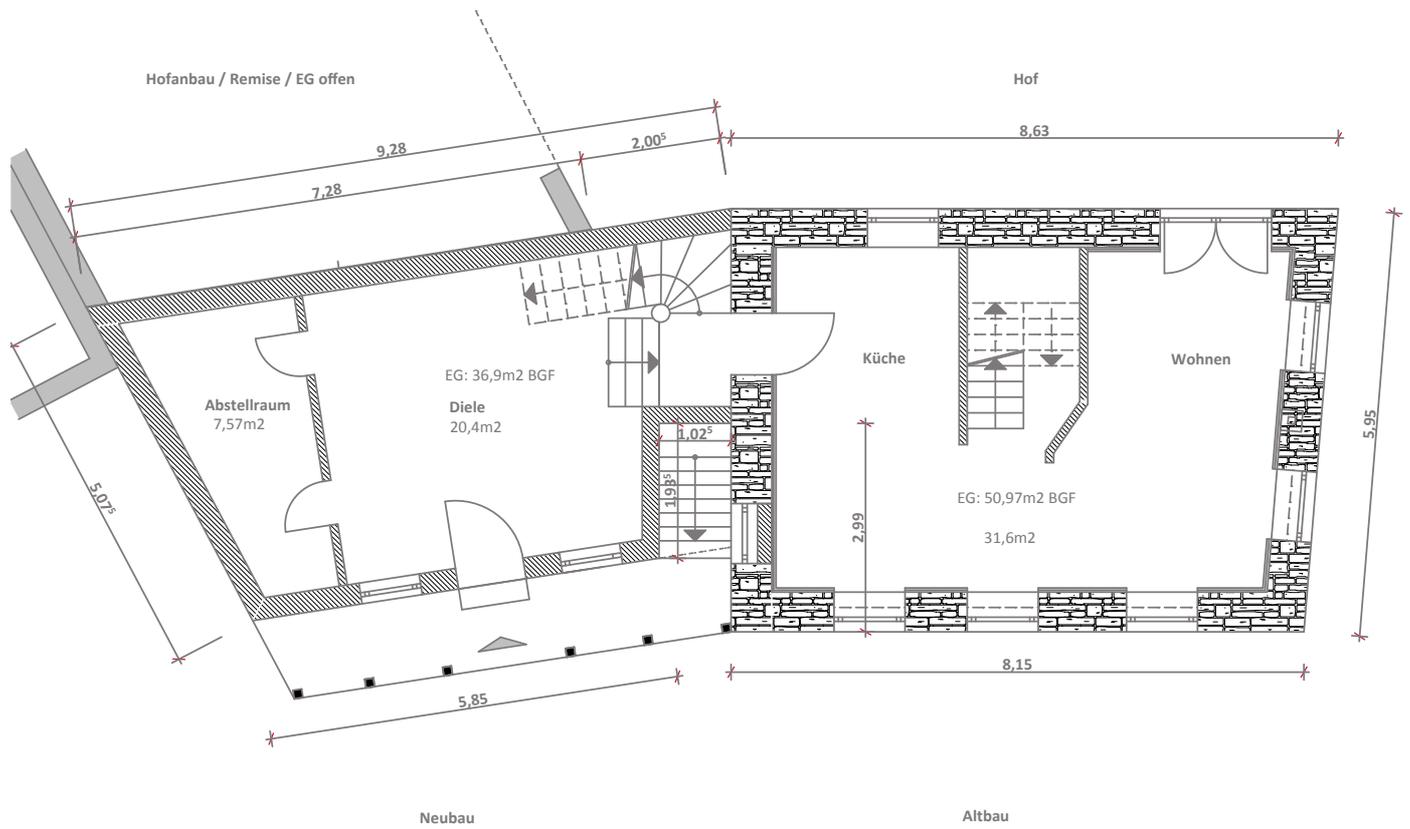


Neubau

Altbau

Kellergeschoss

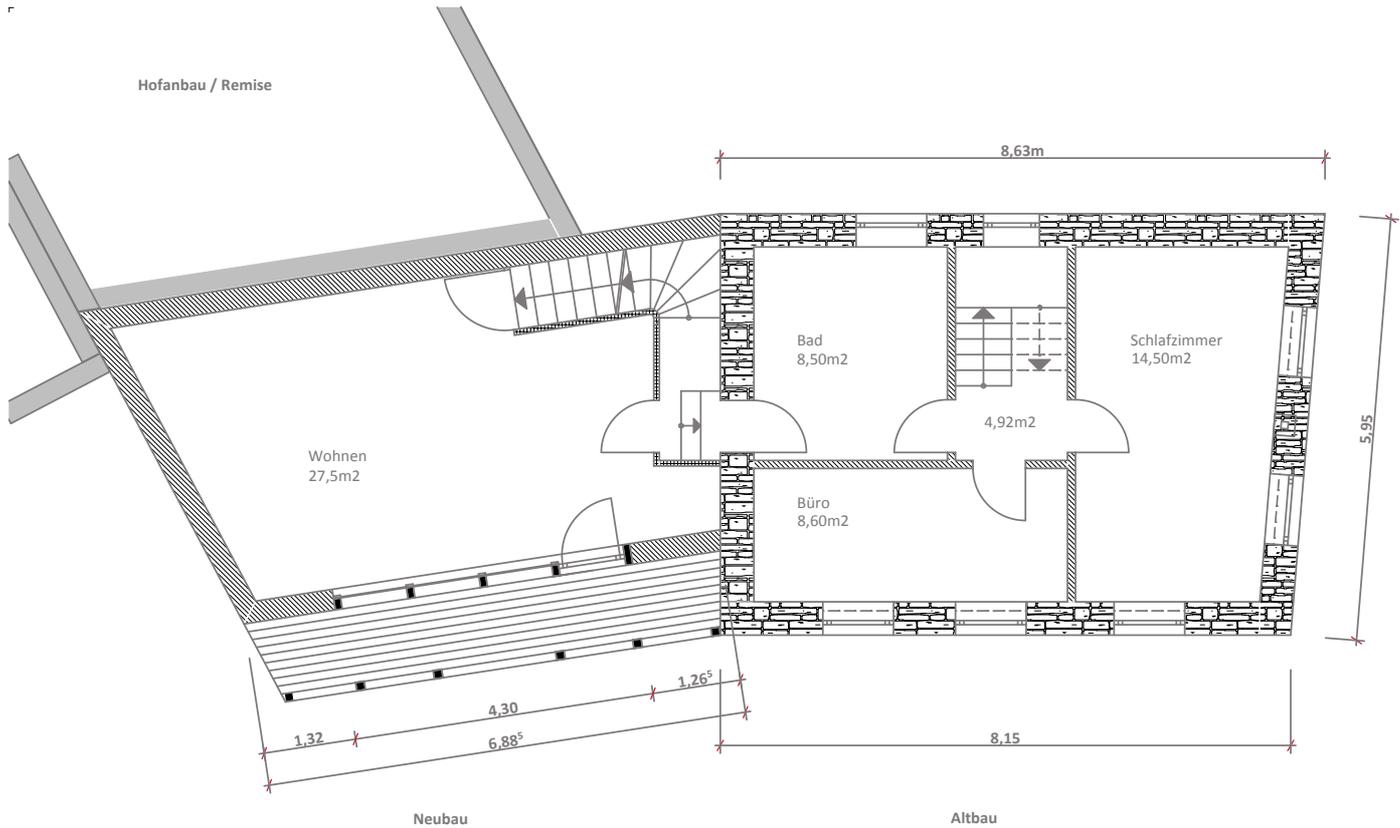
M 1:100



Grundriss EG

M 1:100

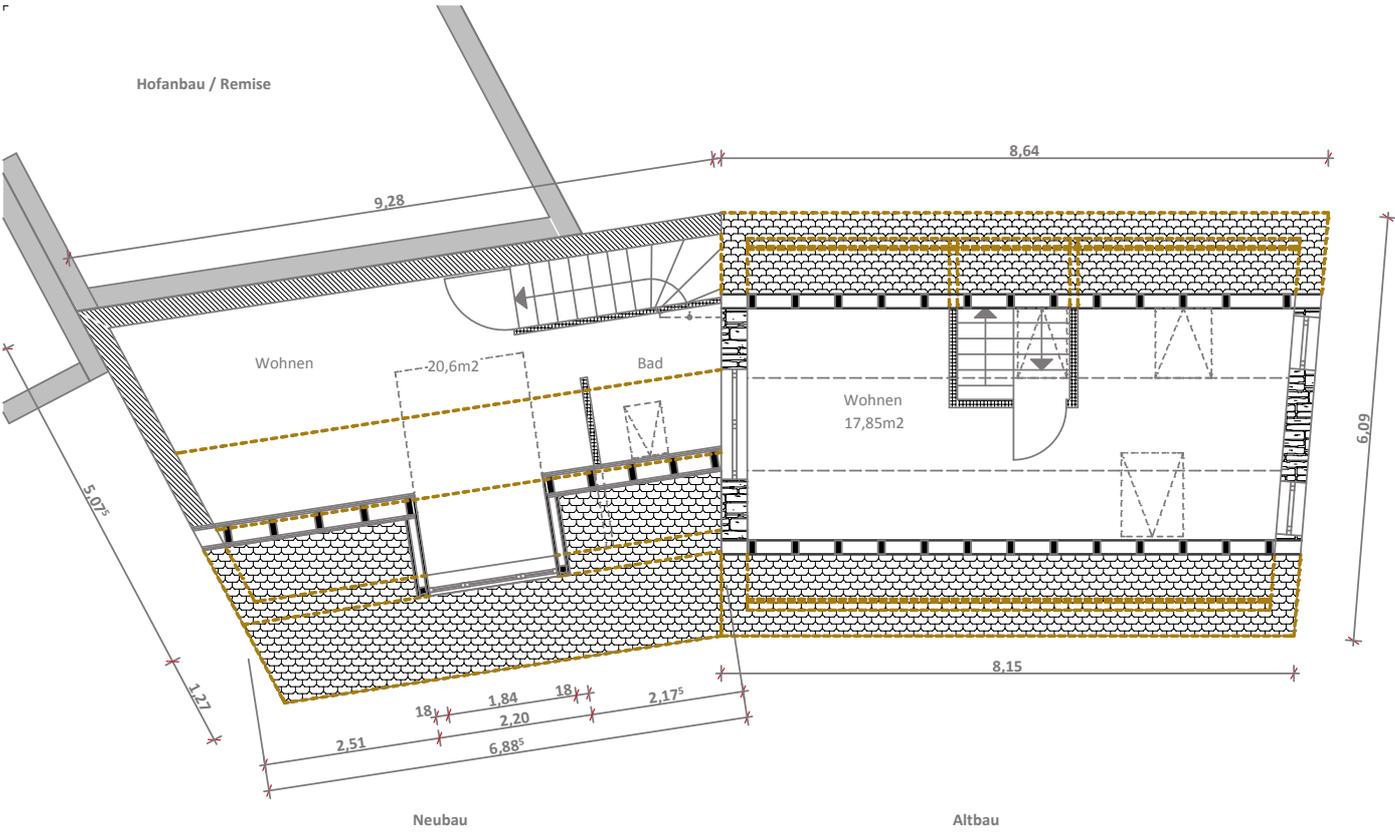




Obergeschoss

M 1:100

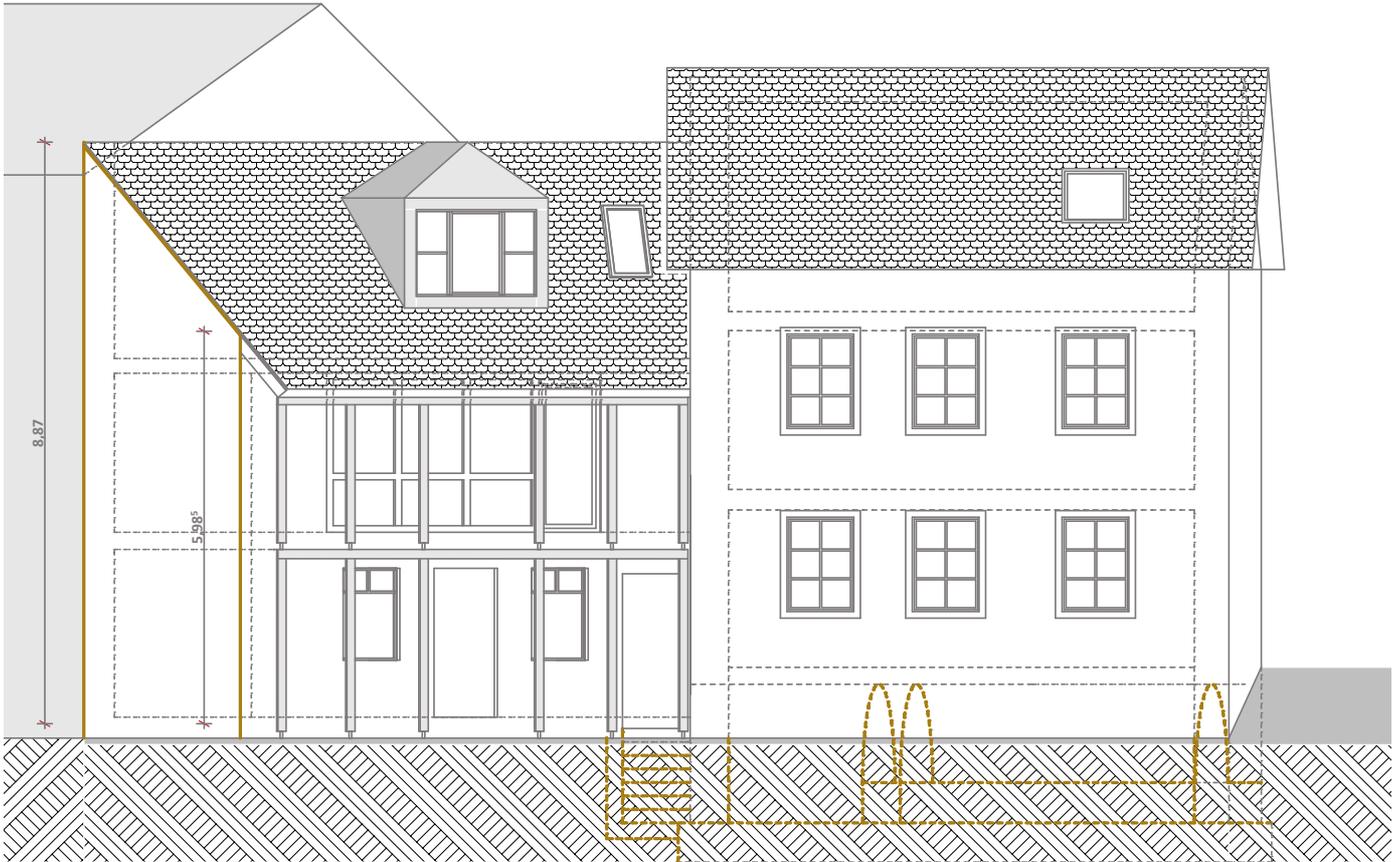




Dachgeschoss

M 1:100

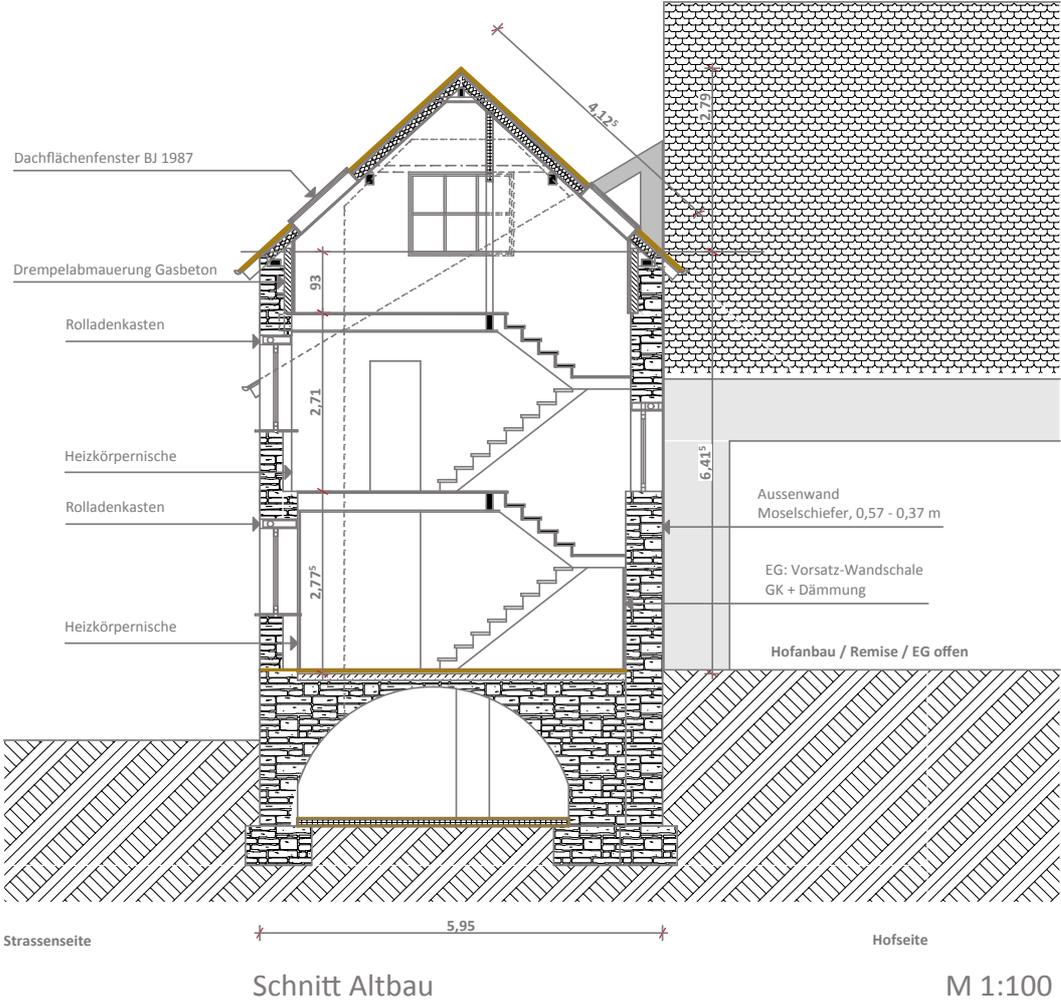


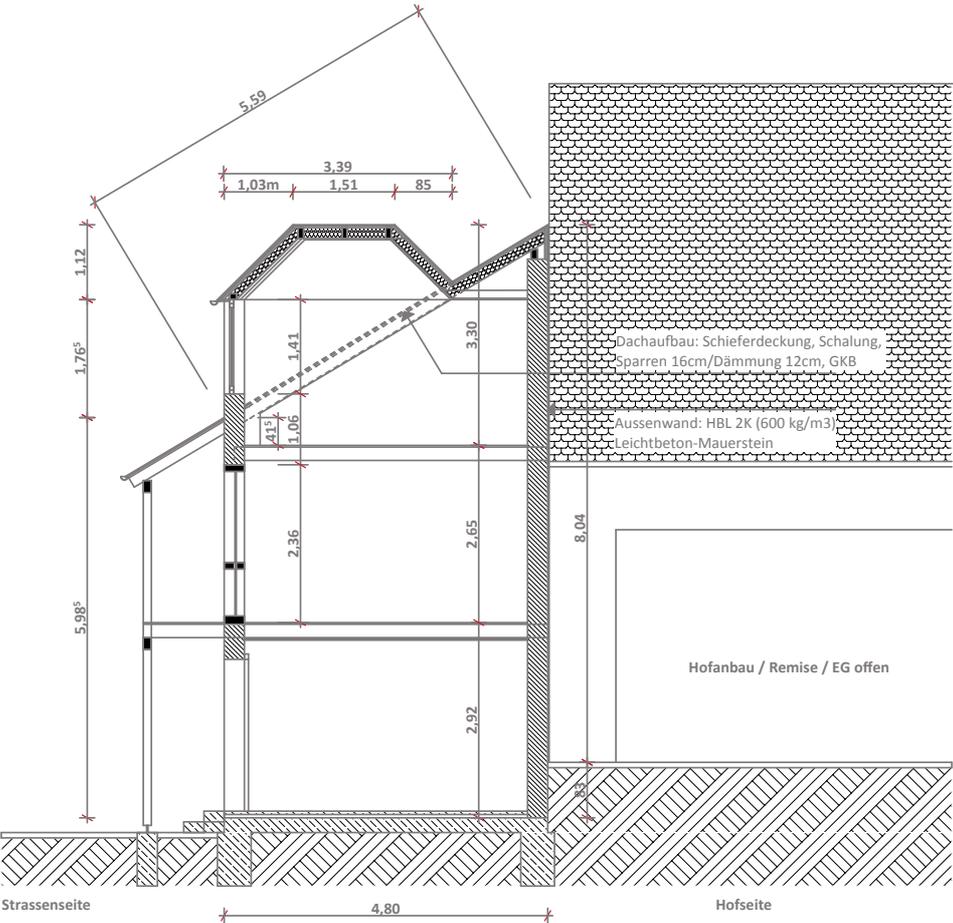


Ansicht Strassenseite / Front M 1:100



Ansicht Strassenseite M 1:100





Schnitt Neubau M 1:100

## 1.1 Das Wohnhaus – eine Baubeschreibung

### Der Altbau

Das Baujahr liegt vermutlich in der Mitte des 19. Jhdts. Die Verwendung von Tonschiefer-Bruchstein als Baumaterial bei vergleichbaren Wohnbauten der Region aus dieser Zeit lässt diesen Schluss zu. Auch der kubische Baukörper mit dem ehemals mittig in der Fassade gelegenen Eingang verweist darauf.

Das Gebäude soll ursprünglich als Knappschafts-Krankenhaus der Firma Krupp errichtet worden sein. Da ab 1828 in Kobern der Eisenerzbergbau eröffnet wurde, wäre diese zeitliche Nähe passend. In Grund- und Aufriss sind keine Bezüge zu dieser vermuteten Nutzung festzustellen, auch ist sie in der Dorfchronik nicht erwähnt.

Für den Altbau ist kein Denkmalschutz zu beachten. Das Gebäude ist weder selbst ein Kulturdenkmal, noch ist bei diesem der Umgebungsschutz eines anderen Kulturdenkmals zu berücksichtigen. Auch existiert in diesem Bereich keine Denkmalzone.

Ein Bebauungsplan für diesen Bereich Koberns existiert nicht und auch keine sonstigen Auflagen aus einer Ortsgestaltungssatzung. Ein städtebaulicher Rahmenplan sieht Sanierungsmaßnahmen für den öffentlichen Bereich vor, die sich jedoch nicht auf das Bauwerk beziehen.

Im Altbau befinden sich heute auf ca. 90 m<sup>2</sup> Wohn- und Nutzfläche im EG der Wohnraum und die Küche, im OG das Schlafzimmer, das Bad und ein Büroraum und im DG ein durchgehender Wohnraum.

Das Gebäude ist teilunterkellert mit einem Gewölbekeller, der über eine Außentreppe zugänglich ist und in dem sich die Heizungsanlage befindet.

### Der Neubau

1993 wurde an der Stelle des ehemaligen Abstellraumes grenzständig ein Neubau errichtet und mit dem Altbau zu einer Wohneinheit verbunden.

Im EG des Neubaus betritt man das Haus durch eine große Diele mit Durchgang zur Küche im höher gelegenen EG des Altbaus. Eine separate Treppe erschließt das OG des Neubaus mit dem Wohnzimmer und führt weiter in das DG mit einem ausgebauten Wohnraum und einem weiteren, kleinen Badezimmer.

Das gesamte Haus wurde bis 2010 von der Familie L. mit 4 Personen bewohnt. Nach dem Auszug der beiden Kinder wird das Haus, nach Auskunft von Herrn L., nur noch auf etwa 3/4 der Fläche genutzt - im wesentlichen im EG des Altbaus (Küche/Esszimmer) und im OG des Neubaus (Wohnzimmer)



Ansicht S...str. / Blick in den Hof / Hausrückseite

## 1.2 Die Baukonstruktion – Die Bestandsaufnahme

### Der Altbau

einschließlich des Gewölbekellers wurde vollständig aus dem örtlichen Tonschiefer-Bruchstein aufgemauert, in abnehmenden Wandstärken, von ca. 50cm im EG bis zu 35cm im DG. Der Dachstuhl ist als ein 45°-geneigtes Pfettendach ausgeführt, mit einer Mittelfette und einer nicht hinterlüfteten Dachdeckung aus Schiefer.

Die Geschosdecken sind Holzbalkenkonstruktionen, im EG über dem Gewölbekeller bzw. über dem teilweise auch nicht unterkellerten Bereich aus ca. 10cm Betonstrich mit einem Dielenboden auf einer Lattung.

Modernisierungsmaßnahmen in den 80er Jahren betrafen hauptsächlich den Einbau neuer Fenster und den Ausbau des Dachraumes zu Wohnzwecken.



Ansicht Hausrückseite

Auf der Rückseite des Hauses befand sich auf dem Nachbargrundstück der ehemalige Dachdeckerbetrieb der Familie L. Nach der Betriebsaufgabe wurde die Lagerhalle, die die komplette Hoffläche überdeckte, bis auf ein Teilgebäude abgerissen.

Fenster- und Türöffnungen wurden auf der Hausrückseite erst nach der Grundstücksvereinigung und dem Hallenabriss gebrochen und ermöglichen heute eine direkte Nutzung des Hofes vom Wohnraum aus.



Ansicht Fassade S...str.

Fassadendetail



### Der Neubau (1993)

besteht aus 30cm-Leichtbeton (Bimsbeton)-Mauerwerk ohne zusätzliche Dämmung, einer Bodenplatte gegen Erdreich mit 4cm Trittschalldämmung, Estrich und Fliesenbelag.

Die Geschossdecken sind ebenfalls als Holzbalkenkonstruktion ausgeführt worden, das 30°-geneigte Pultdach über dem DG ebenfalls als nicht hinterlüftetes Warmdach mit Schiefereindeckung.

Im OG ist das Wohnzimmer zur vorgestellten Balkonkonstruktion hin großflächig über eine Festverglasung auf Holzunterkonstruktion belichtet worden.



Ansicht Neubau / S...str.

Im Hintergrund der Giebel der alten Lagerhalle, die mit ihrer Gebäudeabschlusswand an den Neubau grenzt. Das EG der Lagerhalle ist eine offene Remise zum Hof hin orientiert. Obergeschoss und Dachgeschoss werden als nicht geheizte Lagerflächen genutzt.



#### Dachdetail

Blick im Hof in den Innenwinkel zwischen Altbau (links), Neubau (Spitzecke) und Lagerhalle (rechts)

Auf der Rückseite des Neubaus verschneiden sich die Dachflächen mehrfach. Die Rückseite des Neubaus grenzt zum Teil an die Außenluft, z.T. an nicht geheizte Wohn- und Lagerräume.

### 1.3 Der Bestand – die Bauaufnahme

#### Der Altbau

Die massive und solide Mauerwerkskonstruktion des Altbaus zeigt keine Schäden. Auch optisch erkennbare Hinweise auf aufsteigende Bodenfeuchtigkeit oder aufsteigende Mauerwerksfeuchte aus einer Spritzwasser- oder Salzbelastung im Sockelbereich fehlen.

**KG:** Der Gewölbekeller ist trocken bis auf die normale Ausgleichsfeuchte des Mauerwerks und einer Trocknungszone im Fußleistenbereich, über die kapillar aufsteigende Bodenfeuchte austrocknen kann. Der in Bruchstein- bzw. Ziegeln ausgelegte Boden ist ebenfalls trocken; Salzausblühungen sind nur minimal festzustellen.

**EG/OG:** Im EG wurde im Zuge der Hausmodernisierung in den frühen 80er Jahren eine leichte Vorsatzschale aus einer Gipskartonplatte mit aufkaschierter EPS-Dämmung (20mm) auf einer Lattung als Innendämmung angebracht. Diese Konstruktion ist prinzipiell nicht empfehlenswert und begünstigt die Auskondensierung von Raumlufffeuchte an der kalten Innenseite des Mauerwerks. Die nicht hinterlüftete Vorsatzschale verhindert das Austrocknen des Kondensats. Schimmelbildung kann die Folge sein, wenn das Mauerwerk dauerhaft mit flüssigem Wasser (Tröpfchenbildung) durchfeuchtet bleibt.

Günstig kann sich in diesem Fall lediglich die ausgeführte Konstruktion auswirken, die das Dämmmaterial auf Abstand zur Wand hält und eine direkte Durchfeuchtung verhindert. Bei einer Sanierung oder Renovierung sollte diese Konstruktion jedoch rückgebaut bzw. zumindest auf Schadensfreiheit hin überprüft werden.

Die Fenster im EG/OG sind in den Jahren 1982-1987, teilweise auch 2010/2012 bei Modernisierungen ausgetauscht worden. Ihre Kennwerte entsprechen der Anforderung der jeweils gültigen Wärmeschutzverordnung. Alle Fenster im Altbau sind mit einem nicht gedämmten Rollladenkasten ausgestattet und über einer sog. „Heizkörpernische“ eingebaut worden, bei der die Außenwandstärke nur ca. 28 cm beträgt.

**DG:** Optisch sind keine Mängel oder Bauschäden zu erkennen. Der vorhandene bzw. beschriebene Dachaufbau (von innen nach außen) sollte jedoch kritisch überprüft werden:

Profilbretter 20mm – (Baufolie 0,2mm ?) – Sparren 14cm/Dämmung Mineralwolle (035) 12cm – Schalung 24mm – Dachbahn – Schieferdeckung

Dieser nicht hinterlüftete Aufbau hat eine absolut sorgfältig und dicht eingebaute Dampfsperre oder eine variable Dampfbremse zur Voraussetzung. Die Baufoleie (sofern vorhanden) erfüllt diese Voraussetzung nicht. An der kalten Unterseite der Dachschalung unter der Schieferdeckung wird sich im Normalfalle dann die Raumlufffeuchte als Kondensat niederschlagen und die eingebaute Mineralwollendämmung durchfeuchten.

Da die Dämmung hier –nach Beschreibung des Eigentümers- mit 2cm Luft zur Unterseite der Schalung eingebaut worden ist, wird die Durchfeuchtung wahrscheinlich im Traufbereich stattfinden, wo sich das Kondensat ggf. sammelt bzw dort, wo sie abtropfen kann oder dort, wo sie einbaubedingt doch Kontakt zur Unterseite der Schalung bekommen hat.

Die Dachflächenfenster zeigen an den Einbaurahmen deutliche Laufspuren von Kondensat. Hier ist der Wärmedurchgangswert (g-Wert) des Glases zu hoch oder/und die Rahmen sind nicht dicht genug an die Dachkonstruktion angeschlossen worden. Unkontrollierte Konvektion warm-feuchter Raumluff kann hier stattfinden bzw. eine Auskühlung des Einbaurahmens und verstärkte Kondensatbildung.

Im Giebel auf der SO-Seite (zum Neubau) ist ein großflächiges Fenster eingebaut worden. Der betonierte Sturz über der Fensteröffnung (Auskunft des Eigentümers) stellt eine Wärmebrücke dar.

### Der Neubau

**EG:** Das EG des Neubaus liegt gegenüber dem EG des Altbaus bzw. der Hoffläche auf der Rückseite um 73cm tiefer. Auf der Innenseite der Rückwand und der einbindenden Querwand des Altbaus sind in diesem Bereich und bis zu dieser Höhe Anstrich- bzw. Putzschäden und leichte Ausblühungen zu sehen.

Die Rückseite ist im EG auf einer Länge von etwa 2m frei bewittert und wird zudem vom Niederschlagswasser der Hoffläche direkt erreicht. Eine fehlende oder mangelhafte Vertikalabdichtung der Rückwand bzw. fehlender Sockelputz werden der Grund für diesen Bauschaden sein.

An der Eingangstüre, die als Blockrahmentüre von innen auf das Mauerwerk gesetzt worden ist, sind starke Zugluftbewegungen an der Fuge zwischen Rahmen und Mauerwerk zu bemerken. Die Diele ist insgesamt sehr kühl und wird wenig geheizt.

Gleiches gilt für den Abstellraum: hier ist kein Kondensat zu bemerken, auch fehlt der charakteristische Schimmelgeruch. Dieser Raum sollte auf eine Schimmelgefährdung hin beobachtet werden, zudem auch hier über die Nutzung als Hauswirtschaftsraum (Waschmaschine/Trockner) mit erhöhter Luftfeuchte zu rechnen ist. Die raumhohen und umlaufenden Regale und die lagernden Güter können die Schimmelbildung begünstigen.

Am Abgang der Außentreppe zum Gewölbekeller sind an der flankierenden Wand des Neubaus im Treppenlauf stärkere Salzkristallisationen zu sehen. Eine Nutzung des alten Abstellraumes als Stall, der sich an dieser Stelle bis zum Abriss und dem Neubau des Anbaus befunden hat, ist möglicherweise der Grund für diese Salzbelastung. Das Erdreich unter solchen Gebäuden mit landwirtschaftlicher Nutzung/Tierhaltung ist oft mehr oder weniger stark mit Salzen aus zersetzten Tierfäkalien belastet, die durch aufsteigende Bodenfeuchte transportiert werden und in Verdunstungszone des Mauerwerks oder der Bodenkonstruktion auskristallisieren. Dabei entwickeln sie einen starken Kristallisationsdruck durch Volumenvergrößerung, der zur Absprengung von wenig diffusionsoffenen Putzen und Beschichtungen führt.

**OG:** Auffallend ist hier die großflächige Festverglasung der Fensterfront zum Balkon. Konstruktiv ist die Verglasung auf der falschen Seite – der Rauminnenseite statt der Fassadenaußenseite- angebracht worden. Eventuell aufschlagendes Regenwasser oder Flugschnee kann sich auf der Holzunterkonstruktion und der Silikonabdichtung ansammeln und stehen bleiben. Schadensfrei ist die Konstruktion bisher geblieben dank des weiten Pultdachüberstandes.

**DG:** Für die Dachkonstruktion bzw. die Dacheindeckung mit Schiefer als nicht belüftetes Warmdach gelten die gleichen Anmerkungen wie für den Altbau. Insbesondere die Gaupenkonstruktion sollte auf Feuchteschäden überprüft werden, da hier auch die Wärmedämmung geringer ausgefallen ist als in der Dachfläche.

## 1.4 Die Baukonstruktion – Sanierungsempfehlungen

### Der Altbau:

**EG/OG:** Im EG ist bevorzugt bei einer Renovierung/Sanierung die innenseitige Vorsatz-Wandschale zu entfernen und ggf. durch eine mineralische oder Holzfaserwärmedämmung oder einen Wärmedämmputz zu ersetzen, um Schimmelbildung aus auskondensierter Raumluftfeuchte an der kalten Innenseite des ungedämmten Bruchsteinmauerwerks zu vermeiden.

Die Heizkörpernischen im EG/OG sollten in diesem Zusammenhang vorher mit einem hochdämmenden Mauerstein ausgemauert werden, der den gleichen oder einen ähnlichen Ausdehnungskoeffizienten wie das Bruchsteinmauerwerk hat, um Spannungsverformungen zu vermeiden.

Die ungedämmten Rolladenkästen sollten nachträglich gedämmt oder bei einem Austausch der Fenster durch gedämmte Kästen ersetzt werden. Sie stellen eine nicht unerhebliche Wärmebrücke dar.

**DG:** Der konstruktive Aufbau der Dachdämmung sollte auf Feuchteschäden aus Kondensatbildung auf der Unterseite der Schalung unter der Schieferdeckung überprüft werden. Da hier die Lüftungsebene fehlt, müssen die Dachflächen auf der Innenseite, unterhalb der Dämmung, mit einer feuchteadaptiven Dampfbremse (sd-Wert max. 2-5) geschlossen werden, die eine Rücktrocknung eines eventuellen Feuchteintrages während der Trocknungsperiode ermöglicht. Absolut dampfdichte Dampfsperren oder auch die Baufolie (PE-Folie 0,2mm) sind zu vermeiden.

Die Anschlüsse der Dachfenster an die Dachkonstruktion sollte auf Luftdichtigkeit überprüft werden. Leckagen und unkontrollierte Konvektion warm-feuchter Raumluft können auch hier Kondensatausfall bewirken.

### Der Neubau:

**EG:** Das **Feuchteproblem im Sockelbereich** der Rückwand kann nur durch eine partielle Freilegung der Wand im Hofbereich gelöst werden. Von innen kann ggf. eine Wärmedämmung aus Schaumglasplatten vor die Wand gesetzt werden.

Dadurch wird zwar die vorhandene Mauerwerksfeuchte weiter nach oben getrieben, wo sie aber, einen diffusionsoffenen Aussenputz vorausgesetzt, verdunsten kann. Aussen sollte deshalb ein Sockelputz bis zur Höhe von 30-50 cm aufgebracht werden, um eine zusätzliche Durchfeuchtung durch Spritzwasser zu vermeiden.

Oberhalb des Sockelputzes beginnt dann die Trocknungszone für die aufsteigende Mauerwerksfeuchte. Hier darf der Putz auch nur mit diffusionsoffenen Anstrichen versehen werden. Die dampfdichte Schaumglasdämmung auf der Innenseite muss mindestens zur Höhe OK Sockelputz außen verlegt werden.

Diese Lösung funktioniert jedoch nur, wenn sich in der Wand zweifelsfrei keine Horizontalsperre aus dem Rohbau 1993 befindet. Um dies festzustellen, muss außen aufgedigelt werden.

**Die starken Zugerscheinungen der Hauseingangstüre** rühren von der innen aufgesetzten Blockrahmenkonstruktion der Türe und undichten Fugen zum Mauerwerk her. Hier würde ggf. eine Laibungsdämmung außen mit einer 2-3 cm starken Dämmplatte Abhilfe schaffen, die auch im Zusammenhang mit einer Außendämmung eingebaut werden könnte.

**OG:** Die alte Festverglasung der Fensterfront kann durch eine außen vorgesezte Festverglasung baukonstruktiv und bauphysikalisch/dämmtechnisch verbessert werden. Die Dichtprofile dieser zusätzlichen Verglasung müssen jedoch einen geringeren Diffusionswiderstand haben als die der alten Trockenverglasung, um das Austrocknen von Feuchtigkeit nach außen zu gewährleisten.

**DG:** Die Bemerkung zum DG im Altbau gelten hier sinngemäß

## 1.5 Die energetische Sanierung

Ziel der energetischen Sanierung eines Altbaus sollte eine Minimierung des Energieverbrauchs in einem ökonomisch interessanten Zeitraum von 10 Jahren sein. Die meisten Maßnahmen werden sich jedoch nur über einen Amortisationszeitraum von 15-20 Jahren rechnen lassen, wenn die aktuellen Zinssätze, Energiekosten, Lohn- und Materialkosten zugrunde gelegt werden. Zuschüsse und zinsbegünstigte Kredite sind hierbei nicht berücksichtigt.

Die Verminderung des Transmissionswärmeverlustes erreicht man durch eine verbesserte Dämmung des Gebäudes und eine erhöhte Luftdichtigkeit, um Schäden aus unkontrollierter Konvektion zu vermeiden. Hierbei sind die Vorgaben der EnEV für den Wärmedämmwert (U-Wert) der wärmeübertragenden Außenbauteile zu beachten.

**Eine förderfähige Sanierung darf einen, für das konkrete Objekt berechneten, maximal zulässigen Transmissionswärmeverlust nicht überschreiten**

Zur Verminderung des Primärenergiebedarfs kommen bevorzugt regenerativer Energien zur Verwendung und einer verbesserten Heizungstechnik.

**Eine förderfähige Sanierung darf einen, für das konkrete Projekt berechneten, maximal zulässigen Primärenergiebedarf nicht überschreiten**

Neben dem reinen Effekt der Energieeinsparung hat die energetische Sanierung jedoch auch den Hintergrund, die Wohnqualität zu erhöhen, Wärmebrücken in der Konstruktion zu entschärfen und damit die Gefahr, die mit Kondensatausfall an kalten Stellen und Schimmelbildung einhergeht.

So sollte die Temperatur auf der Innenseite der Aussenwand maximal 2°-3° geringer sein als die der Zimmerluft, um einem Gefühl der Behaglichkeit zu entsprechen. Oberflächentemperaturen von Bauteilen, die weit darunter liegen, werden als unbehaglich empfunden und gemieden: Fenster mit alten Isolierglasscheiben oder Außenwandkonstruktionen mit innenseitigen Temperaturen unter 18°.

Andere Maßnahmen sind durch die EnEV (Energieeinsparverordnung 2009) für den Eigentümer als sog. „Nachrüstverpflichtungen“ (§10 EnEV) vorgeschrieben worden und sind dadurch einer rein betriebswirtschaftlichen Betrachtung entzogen. Dazu zählt z.B. der Austausch des Heizkessels, wenn er vor dem 01.10.1978 eingebaut worden ist, das Dämmen der Heizungs- und WW-Leitungen nach Mindestdämmstandard und die Dämmung der obersten Geschossdecke bzw. der Dachfläche bei ausgebautem Dachgeschoss.

Die geplanten Maßnahmen müssen aufeinander abgestimmt und im Gesamtzusammenhang des Gebäudes betrachtet werden. Geplante Dämmmaßnahmen haben Auswirkung auf die Dimensionierung der Heizungsanlage. Der Einbau neuer Fenster ist in Abhängigkeit zu einer möglichen Fassadendämmung zu betrachten, um bauphysikalische Schäden zu vermeiden. Werden an Stelle der alten Fenster mit einem Uw-Wert von 2,9 (Isolierglas 80er Jahre) neue Fenster mit einem Uw-Wert von 1,3 in eine weiterhin ungedämmte Altbauwand mit einem U-Wert von 2,0 eingesetzt, ist die Aussenwand jetzt der kälteste Teil der wärmeübertragenden Gebäudehülle. Kondensat aus der Raumluftfeuchte kann dort verstärkt ausfallen und die Entstehung von Schimmelbildung begünstigen.

Bei der Fassadendämmung ist ein größerer Dachüberstand notwendig, der auch bei einem separaten Dachausbau mit berücksichtigt werden sollte. Bei einem Fensteraustausch in einer bereits gedämmten Fassade kommt es zu vermeidbaren Rückbau- und neuen Anschlussarbeiten.

Beim Austausch der Heizungsanlage sollte eine unterseitige Dämmung der Kellerdecke eingeplant werden, wenn die alten Heizungsleitungen entfernt worden sind.

Bei einer geplanten Innendämmung muss der Verlauf der alten Heizungsleitungen in der Wand berücksichtigt werden bzw. steht die Überlegung zur Wahl einer Wandheizung an. Heizungsleitungen müssen vor dem Aufbringen der Innendämmung vor diese, auf die Rauminnenseite, verlegt werden.

Eine Innendämmung macht zudem nur dann Sinn, wenn sie lückenlos über die gesamte wärmeübertragende Fläche geführt wird, also auch im Innenbereich der (Holzbalken-) Decke und über alle Geschosse hinweg. Es kommt sonst zu bauphysikalischen Problemen (Kondensatbildung) im ungedämmten Deckenbereich. Davon sind insbesondere die Deckenbalkenaufleger (Balkenköpfe) in der Wand betroffen.

### 1.6 Die energetische Sanierung im Bestand

Für das Objekt Schulstr. 7 /56330 Koborn-Gondorf ergeben sich folgende Anforderungen und Möglichkeiten:

- nachträgliche Dämmung der Bodenplatte / der Fußbodenkonstruktion gegen Erdreich bzw. über dem Kellergewölbe:

im Altbau: Einbau einer mindestens 40mm starken Dämmlage unter dem Dielenboden  
im Neubau: Einbau einer mindestens 120mm starken Dämmlage unter Estrich und Fliesenbelag

- nachträgliche Außenwanddämmung außen:

im Altbau: 160mm WDVS auf der SW-Seite/Hofseite  
im Neubau: 120mm WDVS

- nachträgliche Außenwanddämmung innen:

im Altbau: Innendämmung 60mm auf der NO-/NW-Seite (**erhaltenswerte Straßenfassade**)  
Ausmauerung der Heizkörpernischen mit hochdämmendem Bims-Leichtbetonstein  
im Neubau: Innendämmung 60 mm im EG-Sockelbereich SW-Seite/Hofseite (Feuchteschäden)

- nachträgliche Dachdämmung

im Altbau: 60-80mm Untersparrendämmung mit neuer feuchteadaptiver Dampfbremse  
Im Neubau: 60-80mm Untersparrendämmung mit neuer feuchteadaptiver Dampfbremse

- Einbau neuer Fenster:

im Altbau: Fenster der Baujahre 1982/1987, mindestens aber der Dachflächenfenster  
Dämmung oder Erneuerung der Rolladenkästen  
Im Neubau: Austausch der Festverglasung im OG oder neue Vorsatzverglasung außen

- Einbau einer neuen Heizungsanlage

Da die Möglichkeit eines Gasanschlusses besteht, stehen zur Auswahl

- eine neue Gas-Brennwerttherme ggf. mit Solarkollektorunterstützung und Pufferspeicher
- ein Mini-Blockheizkraftwerk (Kraft-Wärme-Koppelung) mit Pufferspeicher und Stromerzeugung
- eine Pelletheizung mit Pufferspeicher und Pelletsilo

## 2.1 Die Ausgangssituation – der IST-Zustand

**192,17 kWh/m<sup>2</sup>a** ist der spezifischen Heizwärmebedarf des Gebäudes in seiner jetzigen Form. Es entspricht damit dem Energiestandard freistehender Wohnhäuser vor 1900.

**265,56 kWh/m<sup>2</sup>a** ist der spezifische Energiebedarf - incl. Warmwassererwärmung und Verlusten des Heizungssystems.

**297,93 kWh/m<sup>2</sup>a.** ist der spezifische Primärenergiebedarf, der die Verluste zusätzlich berücksichtigt, die durch vorgelagerte Prozesse wie z.B. Energieerzeugung bzw. –umwandlung entstehen.

Zum Vergleich:

**50 kWh/m<sup>2</sup>a** ist der Heizwärmebedarf eines vergleichbaren Neubaus (Referenzgebäude) nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009.

In dem nachfolgenden Bericht werden konkrete Maßnahmen beschrieben und durchgerechnet, die im Zusammenhang mit der Sanierung und dem Umbau des Hauses sinnvoll erscheinen. Die bereits initiierten Maßnahmen wie der Austausch der Heizung und der Einbau neuer Fenster werden integriert. Die Rechnung berücksichtigt keine Eigenleistungen, Fördermittel oder zinsgünstige Kredite.

Der Bericht wurde nach den Richtlinien des Bundes zur Förderung der "Vor-Ort-Beratung" in Wohngebäuden erstellt. Auf Grundlage der Ortsbegehung am 21.08.2012 und der Bauaufnahme am 24.09.2012 wurde eine computergestützte Energiediagnose erstellt.

Hierzu werden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschossdecken und Dachflächen sowie den Lüftungsverlusten und den Verlusten in der Heizungsanlage sowie denen der Warmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes werden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen zur Sanierung vorgeschlagen. Die Effektivität der Maßnahmen wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung, Wirtschaftlichkeit und Schadstoffbelastung beurteilt.

Es gibt unterschiedliche Ansätze zur Erstellung einer Energiediagnose von Gebäuden. Die Verfahren unterscheiden sich im Wesentlichen im Grad der Detaillierung und der Einbeziehung des Nutzerverhaltens. In dem vorliegenden Bericht wurden die Berechnungen u.a. in Anlehnung an die DIN-Normen, den VDI-Richtlinien und der EnEV2009 durchgeführt.

**Einflüsse des Nutzerverhaltens sind bei diesem Verfahren weitgehend ausgeklammert.** Dies erlaubt eine Beurteilung der reinen Bausubstanz sowie der Anlagentechnik. Da von einem "Normnutzerverhalten" ausgegangen wird, lässt der Vergleich des theoretisch berechneten Energiebedarfs und des tatsächlich in Anspruch genommenen Energiebedarfs unter Umständen Rückschlüsse auf das eigene Nutzerverhalten zu.

Dieser Bericht soll als Grundlage dienen, wirtschaftlich sinnvolle und umweltentlastende Maßnahmen zur Energieeinsparung bei der Haussanierung durchzuführen. Zu beachten ist hierbei, dass die im Bericht genannten Kosten und voraussichtlichen Einsparungen Richtwerte darstellen und von den tatsächlichen Verhältnissen abweichen können.

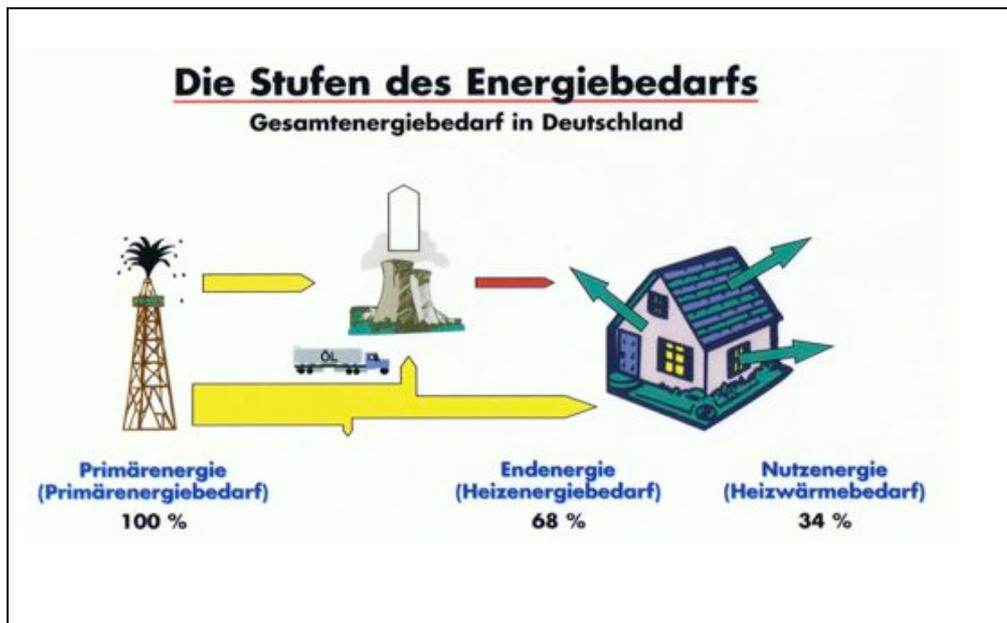
Alle Wärmedurchgangswerte (U-Werte) setzen sich, soweit dies erforderlich war, aus unterschiedlichen Konstruktionen zusammen, d.h. dass z.B. der Anteil der Deckenbalken bzw. der Sparren im Gefach mit berücksichtigt wurde.

Die U-Werte der wärmeübertragenden Bauteile wurden aus mittlerweile veröffentlichten Baudatenbanken für die jeweilige Baualterklasse entnommen. Bei bekanntem Bauteilaufbau sind die Wärmeleitwerte der einzelnen Baustoffe in der Schichtenfolge angesetzt worden.

## 2.2. Das Bilanzverfahren der EnEv

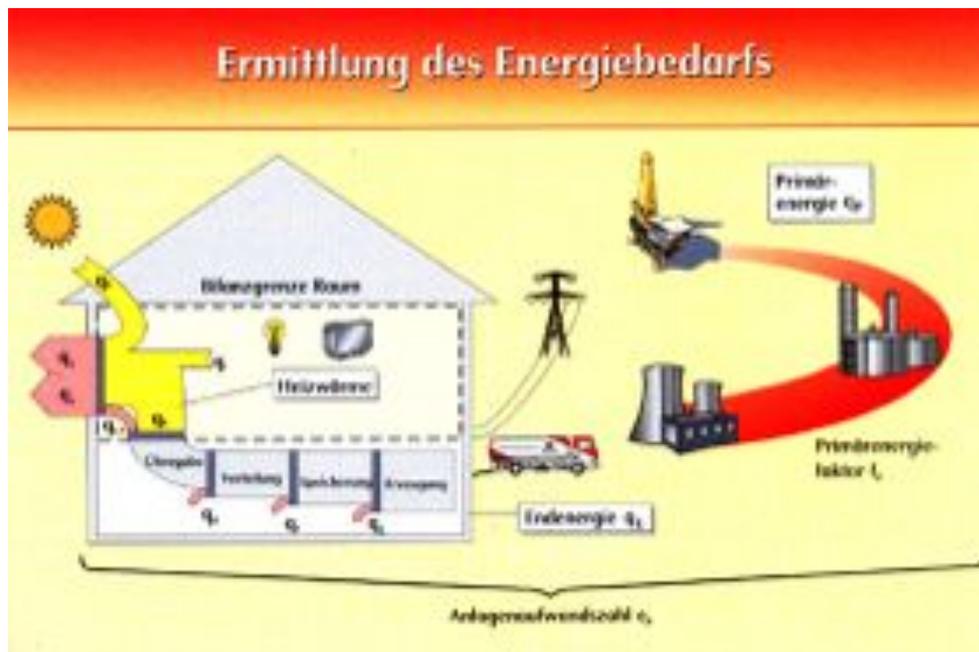
Eine wesentliche Kenngröße der heutigen energetischen Bewertung von Neubauten und Bestandsgebäuden ist der Primärenergiebedarf eines Gebäudes. Die Primärenergie berücksichtigt alle unterschiedlichen Prozessketten bei der Energieumwandlung und den Hilfsenergiebedarf, der zum Beispiel zum Betrieb von Heizungsanlagen oder Zirkulationspumpen notwendig ist.

Die Bewertung der Primärenergie wurde mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) im Jahr 2002 eingeführt. Der frühere Bezug auf den Endenergiebedarf eines Gebäudes ermöglichte ungerechtfertigte Vorteile für einzelne Wärmeversorgungsarten. Gerade der Energieträger Strom, dessen einzelne Schritte der Energieumwandlung außerhalb der „Bilanzgrenze“ Gebäude stattfinden erhielt deutliche Vorteile gegenüber anderen Energieträgern, wie Gas und Erdöl. Die Einsparung einer Kilowattstunde (kWh) Strom kann die Umwelt um etwa den gleichen Anteil entlasten, wie die Einsparung von knapp drei Kilowattstunden Gas.



Das oben dargestellte vereinfachte Schema skizziert die ausschlaggebenden Einflussfaktoren des so genannten Primärenergiebedarfs. Beim Übergang von einer Stufe zur nächsten treten Verluste auf, wie bei der Umwandlung von Kohle in Strom oder bei der Verbrennung von Erdgas in einem Heizkessel.

## 2.3. Der Berechnungsweg



Das Berechnungsschema geht den umgekehrten Weg des Stoffstromes.

Zunächst werden die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste sowie die internen und solaren Gewinne des Gebäudes ermittelt. Daraus ergibt sich der Heizwärmebedarf.

Anschließend werden die Verluste des Heizwärmesystems einschl. des Warmwassersystems mit ihren Hilfsenergien berechnet (Endenergiebedarf = Heizenergiebedarf + Trinkwasserenergiebedarf + Hilfsenergie). Dieser Endenergiebedarf multipliziert mit dem Primärenergiefaktor des eingesetzten Brennstoffs ergibt den Primärenergiebedarf.

Der Wirkungsgrad der gesamten Kette (Verhältnis von Aufwand zu Nutzen) wird als Anlagenaufwandszahl ausgegeben (Kehrwert des Wirkungsgrades). Eine kleine Anlagenaufwandszahl beschreibt also ein effizientes Heizsystem.

## 2.4. Die IST-Analyse

Im Folgenden werden alle wärmeübertragenden Flächen des Gebäudes mit Einbauzustand, U-Werten, Flächen und den Konstruktionsnamen aufgelistet sowie den maximalen U-Werten der EnEV.

**Die großer Zahl der in der Tabelle beschriebenen und bewerteten Bauteile erklärt sich wie folgt:**

- **unterschiedlichen Wandstärken:** im Altbau beträgt die Bruchsteinwand im EG/OG 48-50 cm, im DG 35cm. In den Heizkörpernischen im EG/OG beträgt die Wandstärke 26-28cm, im Neubau 30c

- **unterschiedliche Ausbausituationen:** gedämmte GK-Vorsatzschale im EG, Porenbeton-Vormauerung im DG-Drempelbereich

- **unterschiedliche Modernisierungsstandards:** Fenster wurden in den Jahren 1982-1987, 1993-1995 und 2010-2012 erstmals eingebaut oder ausgetauscht.

- **unterschiedliche Situation der Wärmeübertragung nach außen:** Bauteile gegen Außenluft, gegen Erdreich und gegen nicht geheizte Nebenräume, z. T. auch in Teilflächen wiederum verschiedenen Situationen zugeordnet.

P.	Bauteil	Einbauzustand	Zusatz	U-Wert W/m²K	max. U-Wert EnEV W/m²K	max. U-Wert Passivh. W/m²K	Fläche m²	Fxi	H <sub>T</sub> W/K	Konstruktion
1	Grundfläche	Kellerdecke	über Gewölbek eller	1,367	0,3	0,12	21,61	0,7	20,68	Kobern BodenAB
2	Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte	über Erdreich/ Fels	1,781	0,3	0,12	38,36	0,5	30,74	Kobern BodenAB
3	Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte	über Erdreich/ Fels	0,695	0,3	0,12	36,9	0,3	7,69	Kobern BodenNB
4	Wand,Nordost	Außenluft	Altbau	1,245	0,24	0,15	15,71	1,0	19,56	Kobern AwAB-EG 57cm
5	Wand,Nordwest	Außenluft	Altbau	1,245	0,24	0,15	11,91	1,0	14,83	Kobern AwAB-EG 57cm
6	Wand,Südwest	Außenluft	Altbau	1,245	0,24	0,15	18,73	1,0	23,32	Kobern AwAB-EG 57cm
7	Wand,Südost	Außenluft	Altbau	1,245	0,24	0,15	7,0	1,0	8,72	Kobern AwAB-EG 57cm
8	Wand,Nordost	Außenluft	Altbau	1,372	0,24	0,15	5,3	1,0	7,27	Kobern AwAB-EG/HK- Nische
9	Wand,Nordwest	Außenluft	Altbau	1,372	0,24	0,15	1,7	1,0	2,33	Kobern AwAB-EG/HK- Nische
10	Wand,Nordost	Außenluft	Altbau	2,194	0,24	0,15	14,95	1,0	32,80	Kobern AwAB-OG 48cm
11	Wand,Nordwest	Außenluft	Altbau	2,194	0,24	0,15	11,36	1,0	24,92	Kobern AwAB-OG 48cm
12	Wand,Südwest	Außenluft	Altbau	2,194	0,24	0,15	21,76	1,0	47,74	Kobern AwAB-OG 48cm
13	Wand,Südost	Außenluft	Altbau	2,194	0,24	0,15	3,3	1,0	7,24	Kobern AwAB-OG 48cm
14	Wand,Nordost	Außenluft	Altbau	2,569	0,24	0,15	2,8	1,0	7,19	Kobern AwAB-OG/HK- Nische
15	Wand,Nordwest	Außenluft	Altbau	2,569	0,24	0,15	1,86	1,0	4,78	Kobern AwAB-OG/HK- Nische
16	Wand,Nordost	Außenluft	Altbau	0,748	0,24	0,15	7,6	1,0	5,68	Kobern AwAB- DG/Drempel
17	Wand,Südwest	Außenluft	Altbau	0,748	0,24	0,15	8,01	1,0	5,99	Kobern AwAB- DG/Drempel
18	Wand,Südost	Außenluft	Altbau	2,498	0,24	0,15	5,9	1,0	14,74	Kobern AwAB DG/Giebel 37c
19	Wand,Nordwest	Außenluft	Altbau	2,498	0,24	0,15	10,51	1,0	26,25	Kobern AwAB DG/Giebel 37c
20	Dach,Nordost ,45°	Außenluft	Altbau	0,334	0,24	0,10	32,57	1,0	10,88	Kobern-AB-Dach

21	Dach,Südwest ,45°	Außenluft	Altbau	0,334	0,24	0,10	34,84	1,0	11,64	Kobern-AB-Dach
22	Dach,Nordost ,30°	Außenluft	Neubau	0,268	0,24	0,10	44,79	1,0	12,00	Kobern Dach NB
23	Dach,Nordost ,45°	Außenluft	Neubau	0,391	0,24	0,10	1,65	1,0	0,65	Kobern Dach/Gaube NB
24	Dach,Südwest ,45°	Außenluft	Neubau	0,391	0,24	0,10	1,65	1,0	0,65	Kobern Dach/Gaube NB
25	Dach,Südost ,45°	Außenluft	Neubau	0,391	0,24	0,10	3,8	1,0	1,49	Kobern Dach/Gaube NB
26	Dach,Nordwest,4 5°	Außenluft	Neubau	0,391	0,24	0,10	3,8	1,0	1,49	Kobern Dach/Gaube NB
27	Wand,Südwest	Erdreich	Rückseite NB	0,676	0,3	0,15	7,7	0,6	3,12	Kobern AwNB ohne Dämmung
28	Wand,Südwest	Außenluft	Rückseite NB	0,658	0,24	0,15	16,08	1,0	10,58	Kobern AwNB ohne Dämmung
29	Wand,Südwest	unbeheizte Räume	Rückseite NB	0,377	0,3	0,15	21,08	0,5	3,97	Kobern AwNB 54cm
30	Wand,Südwest	ungedämmter Dachraum	Rückseite NB	0,377	0,24	0,15	36,7	0,8	11,07	Kobern AwNB 54cm
31	Wand,Südost	Außenluft	Giebelseite NB	0,658	0,24	0,15	35,1	1,0	23,10	Kobern AwNB ohne Dämmung
32	Wand,Nordost	Außenluft	Frontseite NB	0,658	0,24	0,15	33,5	1,0	22,04	Kobern AwNB ohne Dämmung
33	Fenster,Nordost	Außenluft	EG/OG '82/'87	3,000	1,3	0,80	8,7	1,0	26,10	Isolierglas_Fenster
34	Fenster,Nordwest	Außenluft	EG/OG '82/'87	3,000	1,3	0,80	5,8	1,0	17,40	Isolierglas_Fenster
35	Fenster,Südwest	Außenluft	EG-Hoftüre	1,390	1,3	0,80	3,6	1,0	5,00	Isolierglas_Fenster
36	Fenster,Südwest	Außenluft	EG-Küche	1,490	1,3	0,80	1,45	1,0	2,16	Isolierglas_Fenster
37	Fenster,Südwest	Außenluft	EG/OG TRH	1,050	1,3	0,80	1,16	1,0	1,22	Isolierglas_Fenster
38	Fenster,Südwest	Außenluft	OG-Bad	2,420	1,3	0,80	0,51	1,0	1,23	Isolierglas_Fenster
39	Fenster,NoWest , Giebel Altbau	Außenluft	DG-Stras-senseite	2,840	1,3	0,80	1,7	1,0	4,83	Isolierglas_Fenster
40	Fenster,Südost Giebel Altbau	Außenluft	DGANbau -seite	2,670	1,3	0,80	2,0	1,0	5,34	Isolierglas_Fenster
41	Fenster,NoWest, 45°	Außenluft	DG-Dach Altbau	2,800	1,4	0,80	1,06	1,0	2,96	Isolierglas_Fenster
42	Fenster,Südost ,45°	Außenluft	DG-Dach Altbau	2,850	1,4	0,80	0,8	1,0	2,28	Isolierglas_Fenster
43	Fenster,Südost ,45°	Außenluft	DG-Dach Altbau	2,870	1,4	0,80	0,7	1,0	2,01	Isolierglas_Fenster
44	Fenster,Nordost	Außenluft	EG/NB	2,770	1,3	0,80	2,41	1,0	6,68	Isolierglas_Fenster
45	Fenster,Nordost	Außenluft	GlasFront OG/NB	2,510	1,3	0,80	10,14	1,0	25,45	Isolierglas_Fenster
46	Fenster,Nordost	Außenluft	Gaupe DG/NB	2,530	1,3	0,80	2,3	1,0	5,82	Isolierglas_Fenster
47	Fenster,Nordost, 30°	Außenluft	DachFIFenster NB	2,790	1,4	0,80	0,48	1,0	1,34	Isolierglas_Fenster
48	Fenster,Nordwest	Außenluft	TRH NB Dreieck	2,850	1,3	0,80	0,37	1,0	1,05	Isolierglas_Fenster
49	Tür,Nordost	Außenluft	Eingangstüre	2,200	2,9	0,80	2,3	1,0	5,06	Standardtür

Wesentliche Aussagen zur Qualität der Bausubstanz im Bestand und zu den sichtbaren Bauschäden sind bereits in den Punkten 1.3. -1.5. zusammengefasst worden.

Für die Berechnung maßgebend sind die Außenmaße der wärmeübertragenden (Außen-) Bauteile, hier von der Oberkante der Rohdecke (OKRD) im EG bis zur Oberkante der Wärmedämmung in der Dachkonstruktion (wärmetechnisch wirksame Schicht), die Außenkante des Außenmauerwerks bzw. eines Wärmedämm-Verbundsystems (hier nicht vorhanden).

Der U-Wert (Wärmedurchgangswert) der Bauteile wurde wie folgt angesetzt bzw. ermittelt:

### Altbau:

- **Decke/Bodenplatte zwischen EG/kG** (unterkellert): U-Wert: **1,379 W/m<sup>2</sup>K** / Oberflächentemperatur 16,4°C  
(nicht unterkellert): U-Wert: **1,801 W/m<sup>2</sup>K** / Oberflächentemperatur 15,4°C

angenommener Aufbau (von oben nach unten): Dielen 20mm, Lattung 40/60mm, Estrich 100mm

<b>Außenwand</b>	EG (48cm + Vorsatzschale)	U-Wert: <b>0,76 W/m<sup>2</sup>K</b> /	Oberflächentemperatur 17°C
	OG (48cm ohne Vorsatzschale)	U-Wert: <b>1,54 W/m<sup>2</sup>K</b> /	Oberflächentemperatur 14°C
	DG (35cm)	U-Wert: <b>1,82 W/m<sup>2</sup>K</b> /	Oberflächentemperatur 13°C
	EG/OG (Heizkörpernische 26cm)	U-Wert: <b>2,13 W/m<sup>2</sup>K</b> /	Oberflächentemperatur 11,7°C

angenommener Aufbau (von innen nach außen): Kalk-Zementputz 15mm / Tonschiefer-Bruchstein (78%) / Kalk-Zement-Mörtel 22%/ Kalk-Zement-Außenputz 25mm

im Bereich der Vorsatzschale EG, innen GKB 12,5mm, EPS-Dämmung 20mm, Lattung/Luft 24mm

- **Dachfläche** U-Wert: **0,272W/m<sup>2</sup>K** / Oberflächentemperatur 18,9°C

angenommener Aufbau (von innen nach außen): Profilbretter 20mm / Baufolie 0,2mm / Sparren 140mm / Dämmung Min.Wolle (035) 120mm / Schalung 24mm / Schieferdeckung

### Neubau:

**Bodenplatte gegen Erdreich** U-Wert: **0,7 W/m<sup>2</sup>K** / Oberflächentemperatur 17,3°C

(angenommener Aufbau (von oben nach unten): Fliesen, Zementestrich 35mm, TSD/Dämmung 40mm, Beton-Bodenplatte 160mm

- **Außenwand** U-Wert: **0,66W/m<sup>2</sup>K** / Oberflächentemperatur 17,43°C

angenommener Aufbau (von innen nach außen): Zementputz 15mm, 30cm Bims-Leichtbetonstein Hbl 1 (550 kg), Zementputz 25mm

- **Dachfläche** U-Wert: **0,214W/m<sup>2</sup>K** / Oberflächentemperatur 19,2°C

angenommener Aufbau (von innen nach außen): Profilbretter 20mm / Baufolie 0,2mm / Sparren 220mm / Dämmung Min.Wolle (035) 140mm / Schalung 24mm / Schieferdeckung

- **Fenster** U<sub>w</sub>-Wert: **3,0 W/m<sup>2</sup>K** / U<sub>g</sub>-Wert **2,9 W/m<sup>2</sup>K** / 1982-1987  
U<sub>w</sub>-Wert: **2,8 W/m<sup>2</sup>K** / U<sub>g</sub>-Wert **2,6 W/m<sup>2</sup>K** / 1993-1995  
U<sub>w</sub>-Wert: **1,39 W/m<sup>2</sup>K** / U<sub>g</sub>-Wert **1,1 W/m<sup>2</sup>K** / 2010-2012

- **Türen** U-Wert: **2,2 W/m<sup>2</sup>K** / Standardtür

## 2.5 Heizungsanlage

**Erzeuger** Viessmann Vitola-comferral Tieftemperatur Öl-/Gas-Brennwertkessel  
BJ 1995, 18kw, aufstellung im unbeheizten Bereich (Gewölbekeller Altbau)

Nutzfläche An: 217,60 m<sup>2</sup>  
 Kombibetrieb ja, auch für Warmwasserbereitung  
 Brennstoffart: Heizöl  
 Primärenergiefaktor: 1,10  
 Aufwandszahl: 1,125  
 Hilfsenergiebedarf: 2,40 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 mittlere Kesseltemp.: 41,5 °C  
 mittlere Heizkreistemp.: 41,54 °C  
 Bereitschaftsverluste bei 70°: 2,40 %  
 Bereitschaftsverluste: 1,035 %  
 30 % Teillast Wirkungsgrad: 87,9 %  
 Kesselwirkungsgrad: 87,88 %

### Verteilung

horizontale Verteilung: außerhalb / nach HeizAnIV/EnEV  
 Strangleitung: innerhalb, ungedämmte Außenwand /  
 Anbindeleitung: innerhalb / ungedämmt  
 spezif. Wärmebedarf: 20,10 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 Hilfsenergiebedarf: 1,18 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Länge	fa	U-Wert
39,4	1,00	0,20
16,3	0,48	1,40
119,7	0,10	1,00

### Übergabe

Art der Übergabe: Thermostatventile, Proportionalbereich 2K, Außenwandbereich  
 spezif. Wärmebedarf: 3,3 kWh/(m<sup>2</sup>a)

## 2.6 Warmwasseranlage

---

**Erzeuger** **Viessmann Vitola-comferral Tieftemperatur Öl-/Gas-Brennwertkessel  
BJ 1995, 18kW, Aufstellung im unbeheizten Bereich (Gewölbekeller Altbau)**

Nutzfläche An:	217,60	m <sup>2</sup>
Brennstoffart:	Heizöl	
Primärenergiefaktor:	1,10	
Aufwandszahl:	1,249	
Hilfsenergiebedarf:	0,15	kWh/(m <sup>2</sup> a)
mittlere Kesseltemp.:	35,44	°C
Bereitschaftsverluste bei 70°:	2,40	%
Bereitschaftsverluste:	0,74	%
Kesselwirkungsgrad:	87,88	%

---

**Speicherung** **Viessmann Verticell-HG, indirekt beheizter Speicher  
Aufstellung im unbeheizten Bereich (Gewölbekeller Altbau)**

Speicher-Nenninhalt:	130	l
Bereitschaftsverluste:	1,872	kWh/d
spezif. Wärmebedarf:	2,97	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Hilfsenergiebedarf:	0,08	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizwärmegutschrift:	0,00	kWh/(m <sup>2</sup> a)

---

**Verteilung** **ohne Zirkulation**

### 3. ENERGIEBILANZ DES BESTEHENDEN GEBÄUDES

#### 3.1 Klimadaten

Bei der Berechnung des Wärmebedarfs und zur Beurteilung der Heizungsanlage wurde die Klimazone Deutschland gewählt. Im Einzelnen wird mit folgenden Daten gerechnet:

Höhe	82 m
Heiztage	245 d/a
mittl. Außentemperatur	8,9 °C
tiefste Außentemperatur	-12 °C
Innentemperatur	20 °C
mittlere Gradtagszahl	3272,5 d °C/a

#### 3.2 Energiebedarf

Im Folgenden werden alle Energieverluste und Gewinne des Gebäudes dargestellt.

Transmissionsverluste	51.651,97 kWh/a
Lüftungsverluste	10.633,26 kWh/a
Heizungsverluste	10.955,46 kWh/a
Warmwasser Nutzwärmebedarf	2.720,00 kWh/a
Warmwassererwärmung Verluste	1.484,47 kWh/a
<b>Summe Verluste</b>	<b>77.445,16 kWh/a</b>
solare Gewinne	6.599,82 kWh/a
interne Gewinne	7.113,87 kWh/a
Nachtabsenkung	5.166,17 kWh/a
zugeführte Heizenergie	52.772,51 kWh/a
zugeführte Energie Warmwassererwärmung	4.204,47 kWh/a
<b>Summe Gewinne</b>	<b>77.445,16 kWh/a</b>

Aus den zuvor genannten Werten lassen sich folgende spezifischen Kennzahlen ermitteln:

Tabelle 5:

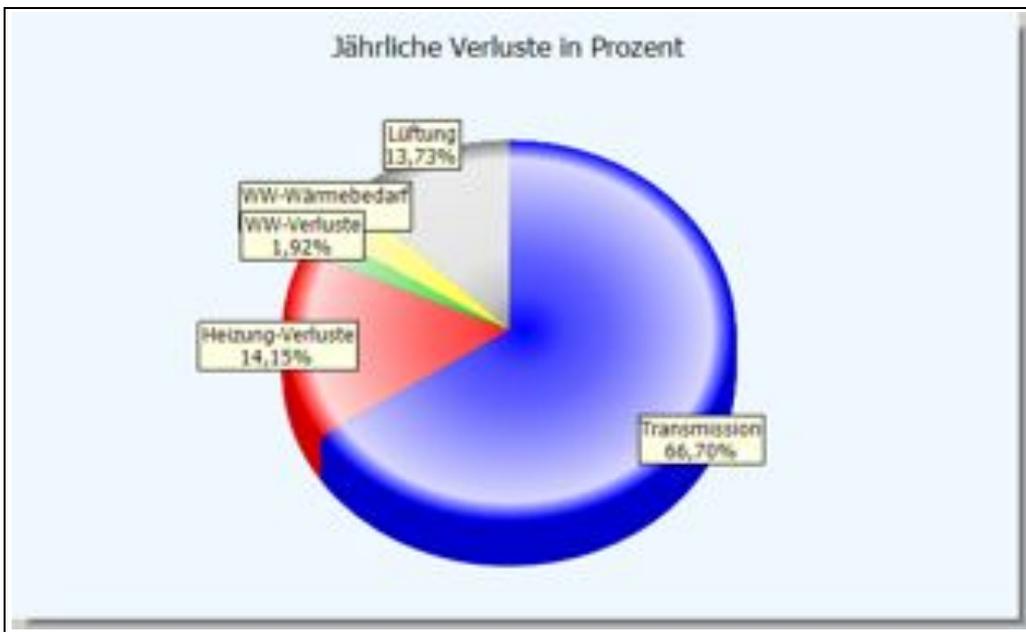
Heizwärmebedarf	41.817,05 kWh/a
Endenergiebedarf	57.806,03 kWh/a
Primärenergiebedarf	64.830,22 kWh/a
Aufwandszahl, primärenergiebezogen	1,46 -

Die nachfolgende Grafik beschreibt die Aufteilung der gesamten Transmissionsverluste auf die einzelnen Flächen:

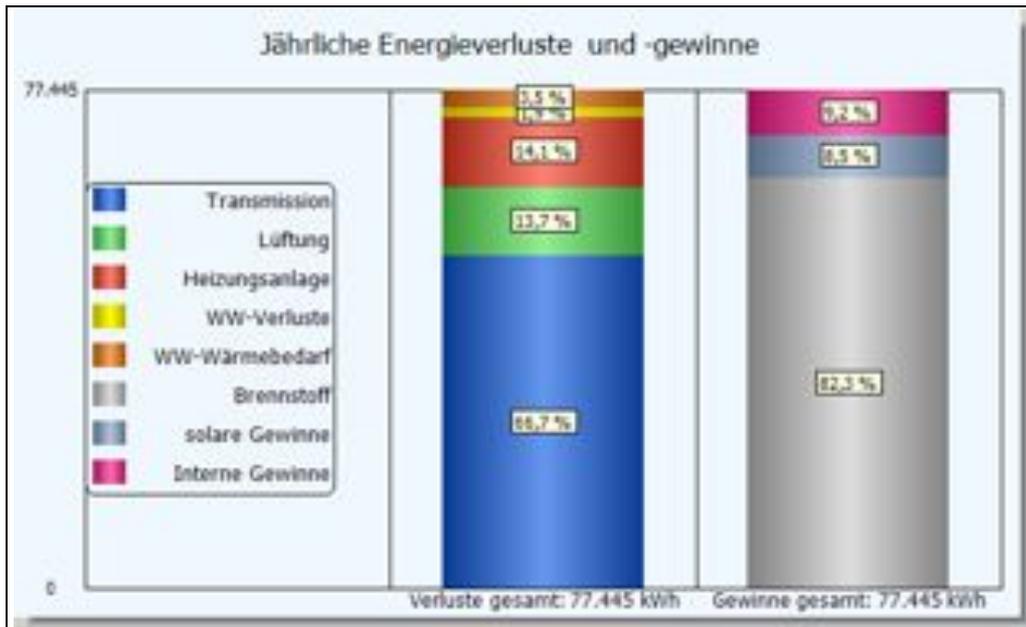
prozentuale Verteilung der Transmissionsverluste



prozentuale Verteilung der gesamten Verluste

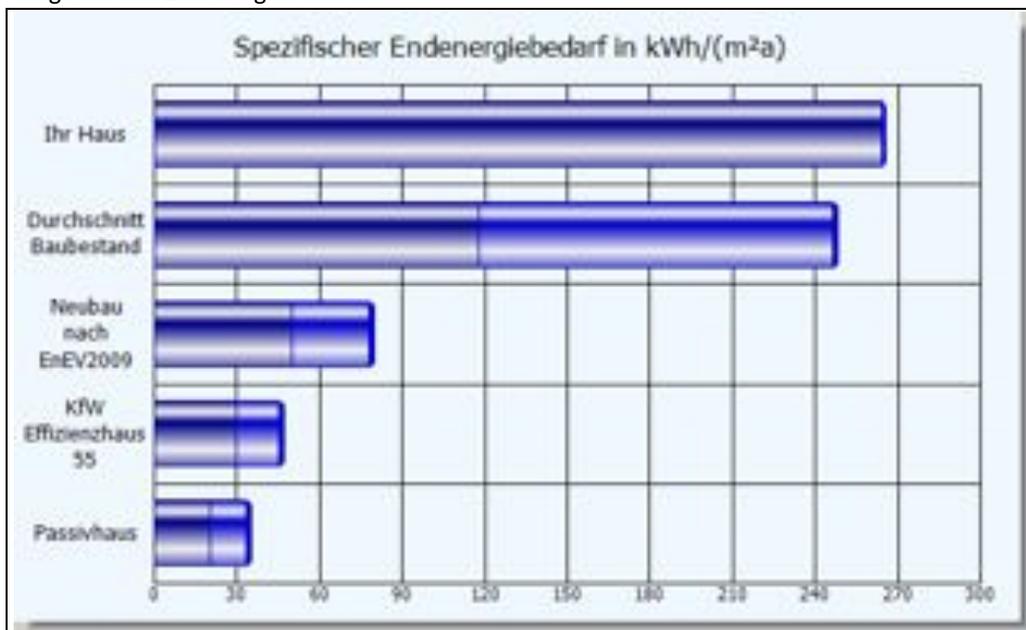


Jährliche Energieverluste und Gewinne



Ein Vergleich des Endenergiebedarfs Ihres Hauses mit dem Gebäudebestand entnehmen Sie bitte der folgenden Grafik.

Vergleich des Endenergiebedarfs





## 4. Varianten der energetischen Sanierung

### 4.1 Dämmung der Außenwand von außen

Die Außendämmung ist die wirkungsvollste und bauphysikalisch unkomplizierteste Gebäudedämmung. Es werden grundsätzlich das Wärmedämmverbundsystem (WDVS) die gedämmte, hinterlüftete Fassade unterschieden.

**Das WDVS** wird bevorzugt bei schlichten Lochfassaden ohne Fassadenschmuck, Erkern oder Balkonen direkt auf die Aussenwandfläche geklebt/gedübelt und mit einem dünnen, armierten Putz als Wetterschutzschicht versehen. Verwendet werden in der Hauptsache:

#### Synthetische-anorganische Dämmstoffe

- Mineralwolle (Stein- und Glaswolle)
- Mineralschaum (Kalziumsilikat-Hydrate)
- Gips Schaum (Kalziumsulfat-Hydrate)
- 
- 

#### synthetische-organische Dämmstoffe (Erdölbasiert)

- Polystyrol-Hartschaum (PS)
- Polystyrolpartikel-Schaum (EPS)
- Polystyrolextruder-Schaum (XPS)
- Polyurethan-Hartschaum (PUR)
- Resolharz

#### synthetische Verbundmaterialien

- Vakuumdämmplatten (VIP)

#### natürliche-organische Dämmstoffe

- Holzfaser / Kork / Hanf / Schilf

Hierbei ergeben sich oft tiefe Fensterlaibungen durch den mindestens 14-16cm dicken Dämmstoff. Zudem muss der Fassadenüberstand bei den Fensterbänken und den Dachanschlußdetails (Traufe/Ortgang), aber auch bei Wegen, Zufahrtbreiten (Rettungswege) und der Überbauung der Nachbargrenzen berücksichtigt bzw. ggf. beantragt werden. Auch ist die Brennbarkeit einzelner Materialien zu berücksichtigen und die Gefahr der Veralgung auf wenig besonnten/dauerfeuchten Fassadenflächen (NW-NO-Seite)-

**Die hinterlüftete Fassade:** unterscheidet sich vom WDVS weniger durch die Wahl des Dämmstoffes, als durch die Art der Befestigung und der größeren Bandbreite in der Fassadengestaltung.

Hierbei wird der Dämmstoff zwischen eine Unterkonstruktion aus Holz/Metall eingelegt/geklemt und nach außen winddicht, aber diffusionsoffen abgedeckt. Den Regenschutz übernimmt die unabhängig davon aufgebaute Fassade, die auf Abstand und hinterlüftet zum Dämmstoff montiert wird.

In der Basisversion (Putzfassade – einfache Holzfassade) sind die Kosten für beide Systeme in etwa vergleichbar. Hochwertige Fassadenplatten können jedoch den Preis verdoppeln gegenüber dem WDVS.

### 4.2 Dämmung der Außenwand von innen - Die Innendämmung

Die Innendämmung wird dann gewählt, wenn die Fassade aus zuvor genannten Gründen nicht mit einem WDVS verkleidet werden kann oder darf. Reich profilierte historische Gebäude, denkmalgeschützte Gebäude, regionaltypische Natursteinbauten oder Fachwerkbauten sollen oder können idR. nicht mit einem WDVS gedämmt werden.

Bauphysikalisch ist die Innendämmung kompliziert, da hier der Tauwasserausfall (Kondensat aus der feuchten Raumluft) an der Übergangsstelle zwischen Innendämmung und der kalten Innenseite der Außenwand berücksichtigt werden muss.

Wird dieses Kondensat, das jetzt in flüssiger Form und nicht mehr gasförmig (Wasserdampf) vorliegt, nicht zuverlässig in der Trockenperiode kapillar durch die Wandkonstruktion nach außen oder auch nach innen wieder abtransportiert, entstehen dauerhaft Feuchteschäden und Schimmel.

Die Außenwand wird durch die Innendämmung zudem kühler; der sog. Taupunkt, an dem der Wasserdampf auskondensiert, wird weiter nach innen verlegt. Die Gefahr von Frostschäden im Mauerwerk nimmt zu.

Richtig ausgeführt, ist die Innendämmung eine gute Alternative zur Außendämmung. Ihre Dicke wird aus den genannten Gründen auf 4-6cm beschränkt. Sie muss hohlraumfrei, kapillaraktiv und diffusionsoffen montiert werden und darf nicht durch einen relativ dampfdichten Putz oder Anstrich beeinträchtigt werden.

Zur Auswahl stehen an Dämmstoffen hier insbesondere Holzfaserweichplatten, die in Lehm oder mineralischem Kleber aufgebracht werden oder die sog. Kalzium-Silikatplatten als rein mineralischer Dämmstoff, der zudem stark alkalisch und damit schimmelvermeidend wirkt.

Dämmputze auf Kalkbasis sind eine weitere interessante Variante, die aber mit den Kalzium-Silikatplatte einen relativ geringen Wärmedämmwert gemeinsam haben (Wärmeleitwert 0,07 statt 0,035). Sie dienen nicht in erster Linie der Energieersparnis, sondern vielmehr der Erhöhung der Wandoberflächentemperatur.

### 4.3 Beseitigung von Wärmebrücken

Als Wärmebrücken werden Bauteile in den wärmeübertragenden Gebäudehülle bezeichnet, die durch ihre hohe Wärmeleitfähigkeit bzw. ihre schlechten Dämmeigenschaften besonders viel Wärme an die Außenluft transportieren.

Ihre Oberflächentemperatur an der Innenseite der Außenwand kann deshalb deutlich geringer sein als die der übrigen Außenwand. Unterschreitet diese Temperatur eine Marke von ca. 9°-11° C (der sog. Taupunkt) bei einer Raumlufttemperatur von 20°C und einer Raumluftfeuchte von 50%-60%, besteht die erhöhte Gefahr der Auskondensation der Raumluftfeuchte in flüssiger Form (Taufwasserausfall).

Kann dieses Kondensat nicht ausreichend austrocknen, durchfeuchten die Bauteile dauerhaft. Ihre Wärmedämmeigenschaften verschlechtern sich kontinuierlich, da feuchte Bauteile die Wärme besonders gut leiten. Zudem besteht die Gefahr von Schimmelbildung.

Im Zusammenhang mit einer energetischen Sanierung sollen solche Wärmebrücken beseitigt oder in ihrer Wirkung minimiert werden. Die Aussenwanddämmung zählt hier zu den einfachsten und wirkungsvollsten Methoden.

Zu den Wärmebrücken zählen insbesondere:

- von innen nach außen durchlaufende Beton-Geschossdecken („Kühlrippeneffekt)
- nicht gedämmte Rollladenkästen
- Heizkörpernischen mit verminderter Außenwandstärke
- Stahlbeton- oder Stahlbauteile in ungedämmten Bauteilen
- stark exponierte Außenecken schlecht gedämmter Bauteile (geometrische Wärmebrücken)

### 4.4 Dämmung der obersten Geschossdecke

Als Nachrüstverpflichtung der EnEv besteht das Gebot, die oberste Geschossdecke oder alternativ die Dachflächen zu dämmen, wenn ein Dachausbau ansteht, innerhalb von 2 Jahren nach dem Erwerb des Objekts.

Diese Sanierungsvariante ist recht preiswert und effektiv, da Gerüstkosten und Kosten für die Befestigungstechnik entfallen. Mittlerweile werden Dämmstoffe angeboten, die nach ihrer Verlegung auch dauerhaft begehrbar und belastbar sind.

Wird die Dämmung der obersten Geschossdecke mit einem durchgehenden Plattenbelag abgedeckt, muss die Dämmkonstruktion wie eine hinterlüftete Fassade aufgebaut werden, da es sonst zu Kondensatausfall an der kalten Unterseite des Plattenbelags kommt.

#### **4.5 Dämmung der Kellerdecke**

Die Dämmung der Kellerdecke von unten empfiehlt sich, wenn eine Kellersanierung ansteht und die Leitungsführung der Haustechnik erneuert wird.

Der Anschluss zu den Kellerwänden und zum Sockelbereich außen muss planerisch konzipiert werden, um Wärmebrücken zu vermeiden bzw. zu minimieren. Die zu dämmenden Bauteile müssen trocken sein; ein Feuchteintrag bei fehlender oder beschädigter Vertikal- oder Horizontalabdichtung muss ausgeschlossen sein.

Ist eine Dämmung der Kellerdecke von unten zu umständlich, besteht bei der Sanierung des EG die Möglichkeit, die Dämmung auf der Kellerdecke auszuführen, gemeinsam mit einer neuen Bauwerksabdichtung, sofern genügend Aufbauhöhe zur Verfügung steht.

#### **4.6 Neue Fenster**

Ein Austausch der Fenster empfiehlt sich in jedem Fall, wenn sie vor der Wärmeschutzverordnung 1994 eingebaut worden sind, die den Uw-Wert der Fenster auf  $< 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  beschränkte.

Zu beachten ist hierbei die Abhängigkeit des Fenstertausches von der Fassadendämmung. Die Außenwand darf nach dem Einbau neuer Fenster keinen schlechteren U-Wert als das Fenster haben, da sonst die Innenseite der Außenwand als der kälteste Bauteil der Wandkonstruktion gefährdet ist für Kondensatausfall und Schimmelbildung.

#### **4.7 Heizungsanlage**

Die Heizungsanlage ist im Gesamtzusammenhang aller Maßnahmen zur energetischen Verbesserung des Gebäudes zu konzipieren und zu bemessen und erst dann, wenn konkrete Berechnungen zur Heizlast des Gebäudes nach der Sanierung vorliegen.

#### **4.8 Regenerative Energieerzeuger**

Zur Heizungsunterstützung oder zur Warmwassererzeugung bieten sich heute Solarkollektoren und Wärmepumpen an. Eine überwiegende oder ausschließliche Beheizung über regenerative Energieerzeuger ist erst bei hochgedämmten Bauten möglich und erfordert Flächenheizungen (Wand- oder Fussbodenheizungen) mit niedrigen Vorlauftemperaturen  $v$

Auch der Einbau sehr großer oder in Reihe geschalteter Pufferspeicher kann dann notwendig werden, die beim Gebäudeentwurf bzw. der Sanierungsplanung berücksichtigt werden müssen.

## 5. Maßnahmenbeschreibung + konkrete Varianten

Bei den Kosten der einzelnen Maßnahmen wurde davon ausgegangen, dass die Maßnahmen von Fachbetrieben durchgeführt werden. Bei einigen Maßnahmen bietet sich eine Durchführung in Eigenleistung an, jedoch nicht, wenn Förderungen oder Zuschüsse der KfW-Bank in Anspruch genommen werden. Hier ist nach Abschluss der Arbeiten eine Fachunternehmerbescheinigung nachzuweisen.

Bei der Durchführung der Dämmmaßnahmen bzw. bei der Erweiterung der beheizten Fläche um mehr als 15 m<sup>2</sup> Nutzfläche ist zu beachten, dass diese mindestens gemäß der Energieeinsparverordnung vom 01.10.2009 (EnEV) auszuführen sind.

Gleiches gilt bei einer Bearbeitung der wärmeübertragenden Außenbauteile von mehr als 10% der zugehörigen Fläche, z.B. bei einer Erneuerung des Aussenputzes.

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Varianten zur Energieeinsparung miteinander verglichen und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit überprüft.

Eine Übersicht der durchgeführten Varianten ergibt sich aus folgender Tabelle:

Nr.	Variante	jährliche Energiebedarf kWh/a	jährliche Energieeinsparung %	jährliche Energiekosten EUR/a	Investitionskosten gesamt EUR	stat. jährliche Gesamtkosten EUR/a
1	Ist-Zustand	57.806,0	0,0	5.354,86	0,00	5.354,86
2	Dachdämmung	56.860,9	1,6	5.267,62	3.077,50	5.344,55
3	Dämmung Bodenplatte von oben	54.639,7	5,5	5.062,75	4.774,05	5.182,11
4	Neue Fenster	54.764,4	5,3	5.074,60	0,00	5.074,60
5	Außenwanddämmung i/a (innen/außen)	39.996,9	30,8	3.713,40	34.259,10	4.800,99
6	Außenwanddämmung außen	37.102,6	35,8	3.443,57	33.981,30	4.440,08
7	Dämmung: Außenwand i/a + Bodenplatte + Dach	34.782,6	39,8	3.229,71	37.815,25	4.240,81
8	Dämmung: Außenwand i/a + Bodenplatte + Dach + Fenster neu	31.239,4	46,0	2.903,31	54.457,20	4.495,63
9	Dämmung: Bodenplatte AB + Außenwand i/a + Dach + Dachflächenfenster neu+ Gas-Brennwerttherme + Solarkollektor	26.032,3	55,0	1.924,94	41.073,65	2.939,10
10	Dämmung: Bodenplatte AB + Außenwand i/a + Dach + alle Fenster neu+ Gas-Brennwerttherme + Solarkollektor	23.216,8	59,8	1.735,53	50.585,65	3.227,73
11	Referenzgebäude EnEV2009	16.047,6	72,2	1.562,78	0,00	1.562,78
12	Pelletheizung	57.307,9	0,9	2.942,51	20.000,00	4.053,62
13	Mini-BHKW	52.976,7	8,4	5.861,76	17.500,00	6.736,76
14	Gas-Brennwerttherme	50.614,7	12,4	3.531,93	8.000,00	4.065,27
15	Gas-Brennwertkessel + Solarkollektor 7m2	46.786,5	19,1	4.255,87	12.000,00	4.855,87

**Variante 2 : Dachdämmung**neuer U-Wert: 0,212 W/m<sup>2</sup>K

Dachdämmung von innen in Altbau und Neubau mit 60-80mm Dämmung auf Kreuzlattung.

**Kosten**

Investitionskosten:	3.077,50	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	3.077,50	€

**Energie**

Energiebedarf:	56.860,91	kWh/a
Energieeinsparung:	945,13	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	1,63	%
Energiekosten:	5.267,62	€/a
Energiekosteneinsparung:	87,25	€/a

**Wirtschaftlichkeit**

Mittlere Lebensdauer	40,00	a
Stat. Amortisation	35,27	a
Dyn. Amortisation	21,73	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 2	293,08	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
<hr/>			
Transmissionswärmeverlust	Variante 2	1,03	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

**Variante 3: Dämmung Bodenplatte von oben**      **neuer U-Wert: 0,319 – 0,429W/m<sup>2</sup>K**

Altbau: Dämmung der Kellerdecke von oben 40mm PUR , Einschublattung und Dielung

Neubau: Dämmung der Bodenplatte von oben 120mm HoFaPlatte + Estrich + Fliesenbelag,

**Kosten**

Investitionskosten:	4.774,05	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	4.774,05	€

**Energie**

Energiebedarf:	54.639,67	kWh/a
Energieeinsparung:	3.166,36	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	5,48	%
Energiekosten:	5.062,75	€/a
Energiekosteneinsparung:	292,11	€/a

**Wirtschaftlichkeit**

Mittlere Lebensdauer	40,00	a
Stat. Amortisation	16,34	a
Dyn. Amortisation	12,67	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 3	281,69	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
<hr/>			
Transmissionswärmeverlust	Variante 3	0,99	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

**Variante 4: Neue Fenster**neuer U-Wert: 1,1 W/m<sup>2</sup>K

Austausch der Fenster im Altbau und im Dachbereich Altbau/Neubau  
 Austausch der Festverglasung Neubau/OG, Balkonbereich oder Vorsatzverglasung von außen

**Kosten**

Investitionskosten:	12.401,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	12.401,00	€

**Energie**

Energiebedarf:	54.764,36	kWh/a
Energieeinsparung:	3.041,68	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	5,26	%
Energiekosten:	5.074,60	€/a
Energiekosteneinsparung:	280,27	€/a

**Wirtschaftlichkeit**

Mittlere Lebensdauer:	25	a
Stat. Amortisation:	44,18	a
Dyn. Amortisation:	24,97	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 4	282,32	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 4	0,95	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

**Variante 5: Außenwanddämmung innen/außen**neuer U-Wert: 0,1770– 0,24 W/m<sup>2</sup>K

Innendämmung der Strassenfassade Altbau mit 60 mm Holzfaserweichplatte

Aussendämmung der Fassade Altbau mit 160mm Dämmung (WLG 035)

Aussendämmung der Fassade Neubau mit 120 mm

Innendämmung Rückseite Neubau/erdberührter Bereich: Foamglas 60mm

**Kosten**

Investitionskosten:	38.616,10	€
Ohnehin anstehende Kosten:	4.357,00	€
Verbleibende Kosten:	34.259,10	€

**Energie**

Energiebedarf:	39.996,94	kWh/a
Energieeinsparung:	17.809,10	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	30,81	%
Energiekosten:	3.713,40	€/a
Energiekosteneinsparung:	1.641,47	€/a

**Wirtschaftlichkeit**

Mittlere Lebensdauer:	31,50	a
Stat. Amortisation:	20,87	a
Dyn. Amortisation:	15,20	a

Primärenergiebedarf	Variante 5	206,65	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 5	0,64	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

**Variante 6 : Außenwanddämmung außen**neuer U-Wert: 0,1770– 0,24 W/m<sup>2</sup>K

Aussendämmung der Fassade Altbau mit 160mm Dämmung (WLG 035)

Aussendämmung der Fassade Neubau mit 120 mm (WLG 035)

Innendämmung Rückseite Neubau/erdberührter Bereich: Foamglas 60mm

**Kosten**

Investitionskosten:	39.175,30	€
Ohnehin anstehende Kosten:	5.194,00	€
Verbleibende Kosten:	33.981,30	€

**Energie**

Energiebedarf:	37.102,64	kWh/a
Energieeinsparung:	20.703,40	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	35,82	%
Energiekosten:	3.443,57	€/a
Energiekosteneinsparung:	1.911,30	€/a

**Wirtschaftlichkeit**

Mittlere Lebensdauer:	34,10	a
Stat. Amortisation:	17,78	a
Dyn. Amortisation:	13,51	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 6	191,62	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a
Transmissionswärmeverlust	Variante 6	0,59	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

## Variante 7 : Dämmung: Außenwand innen/außen + Bodenplatte + Dach

Innendämmung der Strassenfassade Altbau mit 60 mm Holzfaserweichplatte

Aussendämmung der Fassade Altbau mit 160mm Dämmung (WLG 035)

Aussendämmung der Fassade Neubau mit 120 mm

Innendämmung Rückseite Neubau/erdberührter Bereich: Foamglas 60mm

Altbau: Dämmung der Kellerdecke von oben 40mm PUR , Einschubblattung und Dielung

Neubau: Dämmung der Bodenplatte von oben 120mm HoFaPlatte + Estrich + Fliesenbelag,

Dachdämmung von innen in Altbau und Neubau mit 60-80mm Dämmung auf Kreuzlattung.

### Kosten

Investitionskosten:	42.172,25	€
Ohnehin anstehende Kosten:	4.357,00	€
Verbleibende Kosten:	37.815,25	€

### Energie

Energiebedarf:	34.782,57	kWh/a
Energieeinsparung:	23.023,46	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	39,83	%
Energiekosten:	3.229,71	€/a
Energiekosteneinsparung:	2.125,15	€/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	37,40	a
Stat. Amortisation:	17,79	a
Dyn. Amortisation:	13,51	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 7	179,73	KWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
<hr/>			
Transmissionswärmeverlust	Variante 7	0,54	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

## Variante 8: Dämmung: Außenwand innen/außen + Bodenplatte + Dach + Austausch der Fenster + Festverglasung

Innendämmung der Strassenfassade Altbau mit 60 mm Holzfaserweichplatte  
 Aussendämmung der Fassade Altbau mit 160mm Dämmung (WLG 035)  
 Aussendämmung der Fassade Neubau mit 120 mm  
 Innendämmung Rückseite Neubau/erdberührter Bereich: Foamglas 60mm  
 Altbau: Dämmung der Kellerdecke von oben 40mm PUR , Einschublattung und Dielung  
 Neubau: Dämmung der Bodenplatte von oben 120mm HoFaPlatte + Estrich + Fliesenbelag,  
 Dachdämmung von innen in Altbau und Neubau mit 60-80mm Dämmung auf Kreuzlattung  
 Austausch der Fenster und Festverglasung 1982-1987, 1993

### Kosten

Investitionskosten:	58.814,20	€
Ohnehin anstehende Kosten:	4.357,00	€
Verbleibende Kosten:	54.457,20	€

### Energie

Energiebedarf:	31.239,37	kWh/a
Energieeinsparung:	26.566,66	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	45,96	%
Energiekosten:	2.903,31	€/a
Energiekosteneinsparung:	2.451,55	€/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	34,20	a
Stat. Amortisation:	22,21	a
Dyn. Amortisation:	15,89	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 8	161,58	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
<hr/>			
Transmissionswärmeverlust	Variante 8	0,42	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

**Variante 9 : Dämmung: Bodenplatte + Außenwand innen/außen + Dach  
+ Austausch der Dachflächenfenster  
+ Gas-Brennwerttherme + Solarkollektor 5m2**

Innendämmung der Strassenfassade Altbau mit 60 mm Holzfaserweichplatte  
 Aussendämmung der Fassade Altbau mit 160mm Dämmung (WLG 035)  
 Aussendämmung der Fassade Neubau mit 120 mm  
 Innendämmung Rückseite Neubau/erdberührter Bereich: Foamglas 60mm  
 Altbau: Dämmung der Kellerdecke von oben 40mm PUR , Einschublattung und Dielung  
 Neubau: Dämmung der Bodenplatte von oben 120mm HoFaPlatte + Estrich + Fliesenbelag,  
 Dachdämmung von innen in Altbau und Neubau mit 60-80mm Dämmung auf Kreuzlattung  
 Austausch der Dachflächenfenster

Gas-Brennwerttherme 18 kW+ 200 l WW-Speicher + 4,7m2 Solarkollektoren + 800l Schichtenspeicher

**Kosten**

Investitionskosten:	45.430,65	€
Ohnehin anstehende Kosten:	4.357,00	€
Verbleibende Kosten:	41.073,65	€

**Energie**

Energiebedarf:	26.032,30	kWh/a
Energieeinsparung:	31.773,73	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	54,97	%
Energiekosten:	1.924,94	€/a
Energiekosteneinsparung:	3.429,93	€/a

**Wirtschaftlichkeit**

Mittlere Lebensdauer:	40,50	a
Stat. Amortisation:	11,98	a
Dyn. Amortisation:	9,93	a

Primärenergiebedarf	Variante 9	136,56	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 9	0,49	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

**Variante 10: Dämmung: Bodenplatte + Außenwand innen/außen + Dach  
+ Austausch der Fenster + Festverglasung  
+ Gas-Brennwerttherme + Solarkollektor 5m2**

Innendämmung der Strassenfassade Altbau mit 60 mm Holzfaserweichplatte  
 Aussendämmung der Fassade Altbau mit 160mm Dämmung (WLG 035)  
 Aussendämmung der Fassade Neubau mit 120 mm (WLG 035)  
 Innendämmung Rückseite Neubau/erdberührter Bereich: Foamglas 60mm  
 Altbau: Dämmung der Kellerdecke von oben 40mm PUR, Einschublattung und Dielung  
 Neubau: Dämmung der Bodenplatte von oben 120mm HoFaPlatte + Estrich + Fliesenbelag,  
 Dachdämmung von innen in Altbau und Neubau mit 60-80mm Dämmung auf Kreuzlattung  
 Austausch der Fenster und Festverglasung 1982-1987, 1993

Gas-Brennwerttherme 18 kW+ 200 l WW-Speicher + 4,7m2 Solarkollektoren + 800l Schichtenspeicher

**Kosten**

Investitionskosten:	54.942,65	€
Ohnehin anstehende Kosten:	4.357,00	€
Verbleibende Kosten:	50.585,65	€

**Energie**

Energiebedarf:	23.216,80	kWh/a
Energieeinsparung:	34.589,24	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	59,84	%
Energiekosten:	1.735,53	€/a
Energiekosteneinsparung:	3.619,33	€/a

**Wirtschaftlichkeit**

Mittlere Lebensdauer:	33,90	a
Stat. Amortisation:	13,98	a
Dyn. Amortisation:	11,23	a

Primärenergiebedarf	Variante 10	122,01	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 10	0,42	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

**Variante 11: Referenzgebäude EnEV2009****Kosten**

Investitionskosten:	0,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	0,00	€

**Energie**

Energiebedarf:	16.047,62	kWh/a
Energieeinsparung:	41.758,42	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	72,24	%
Energiekosten:	1.562,78	€/a
Energiekosteneinsparung:	3.792,08	€/a

**Wirtschaftlichkeit**

Mittlere Lebensdauer:	0,00	a
Stat. Amortisation:	0,00	a
Dyn. Amortisation:	0,00	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 11	87,32	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 11	0,36	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

## Variante 12: Pelletheizung

Pelletsessel 18 KW + Förderschnecke + Silo 3to + 825 l-Speicher

### Kosten

Investitionskosten:	20.000,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	20.000,00	€

### Energie

Energiebedarf:	57.307,86	kWh/a
Energieeinsparung:	498,18	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	0,86	%
Energiekosten:	2.942,51	€/a
Energiekosteneinsparung:	2.412,35	€/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	18,00	a
Stat. Amortisation:	8,29	a
Dyn. Amortisation:	7,32	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 12	62,18	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 12	1,06	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

### Variante 13: Mini-BHKW

BHKW-Mini Erdgas, 1KW elektr., 6,1 kW thermisch, bis 18 kW zusätzliche Heizleistung durch integrierte Gas-Brennwerttherme, förderfähig (bafa-Zuschuss € 1.500,00)

#### Kosten

Investitionskosten:	17.500,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	17.500,00	€

#### Energie

Energiebedarf:	52.976,72	kWh/a
Energieeinsparung:	4.829,31kWh/a	
Proz. Energieeinsparung:	8,35	%
Energiekosten:	5.861,76€/a	
Energiekosteneinsparung:	-506,89	€/a

#### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	20,00	a
Stat. Amortisation:	0,00	a
Dyn. Amortisation:	0,00	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 13	173,58	KWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 13	1,06	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

## Variante 14: Gas-Brennwerttherme

Gas-Brennwerttherme 23,5 kW + WW-Speicher + Abgasrohr + Pumpe

### Kosten

Investitionskosten:	8.000,00€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00 €
Verbleibende Kosten:	8.000,00€

### Energie

Energiebedarf:	50.614,73	kWh/a
Energieeinsparung:	7.191,30kWh/a	
Proz. Energieeinsparung:	12,44	%
Energiekosten:	3.531,93	€/a
Energiekosteneinsparung:	1.822,93	€/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	18,00	a
Stat. Amortisation:	4,39	a
Dyn. Amortisation:	4,17	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 14	261,28	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 14	1,06	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

### Variante 15: Gas-Brennwertkessel + Solarkollektor 5m2

Gas-Brennwerttherme 18 kW+ 200 l WW-Speicher + 4,7m2 Solarkollektoren + 800l Schichtenspeicher

#### Kosten

Investitionskosten:	12.000,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	12.000,00	€

#### Energie

Energiebedarf:	46.786,49	kWh/a
Energieeinsparung:	11.019,54	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	19,06	%
Energiekosten:	4.255,87	€/a
Energiekosteneinsparung:	1.098,99	€/a

#### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	18,00	a
Stat. Amortisation:	10,92	a
Dyn. Amortisation:	9,21	a

---

Primärenergiebedarf	Variante 15	242,59	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		122,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		139,71	kWh/m <sup>2</sup> a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		87,32	kWh/m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 15	1,06	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m <sup>2</sup> K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m <sup>2</sup> K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m <sup>2</sup> K

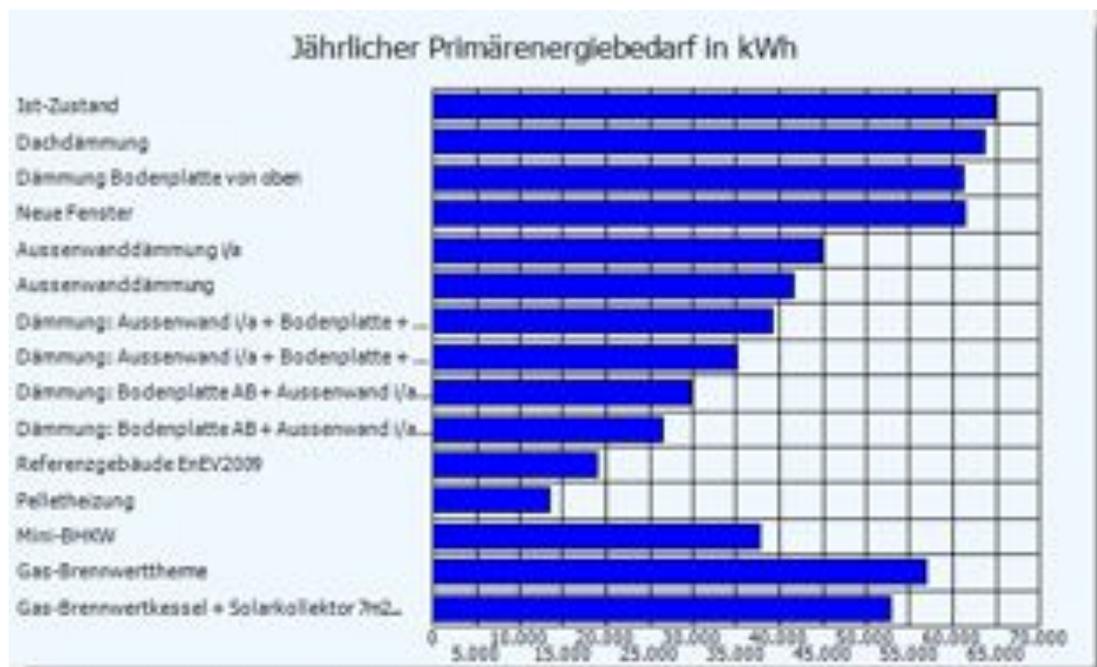
## 5.1 Die Varianten im Vergleich : Ergebnis

**Die Varianten 9 + 10 sind geeignet, die gestellten Anforderungen nach einem maximal zulässigen Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverlust (160%-Regel) zu erfüllen.**

**Die Variante 10 erfüllt darüber hinaus die verschärften Anforderungen aus der 140%-Regel**

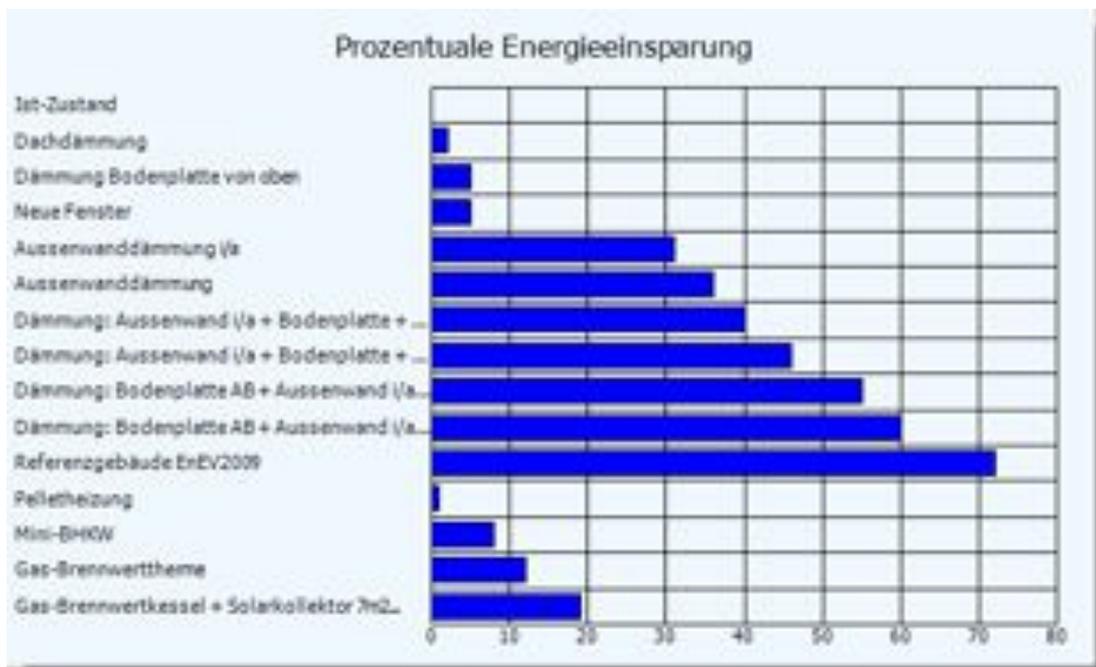
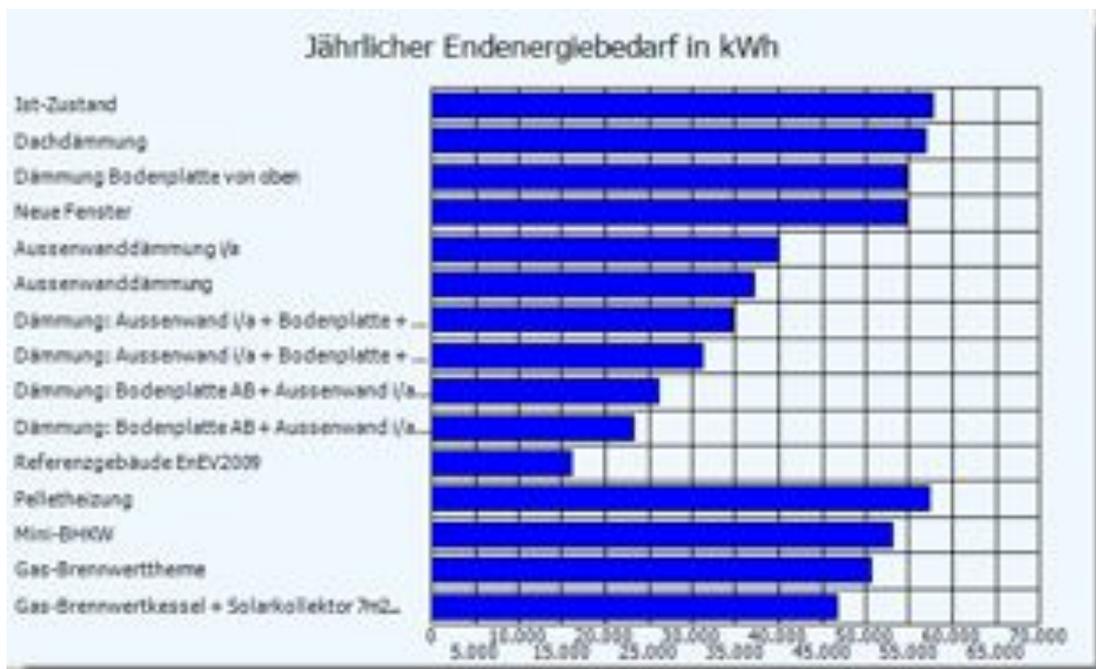
Die rechnerisch geforderte Höchstgrenze des Primärenergieverbrauchs lässt sich nur durch den Einsatz regenerativer Energien erreichen. Hier ist die Kombination einer Gas-Brennwerttherme mit einem Solarkollektor naheliegend, da ein Gasanschluss möglich ist und der Altbau über ein nach SO-orientiertes, 45°-geneigtes Dach verfügt, das für die Aufstellung eines Kollektors prinzipiell geeignet ist.

Durch den Einbau einer Pelletheizung lässt sich die geforderte Höchstgrenze des Primärenergieverbrauchs ohne weiteres deutlich unterschreiten. Hier sind aber höhere Investitionskosten nötig und der Gewölbekeller muss auf seine Eignung für die Aufstellung einer solchen Heizung überprüft werden (Höhe/Raum für Schichtenspeicher + Lagerraum für Pellets)

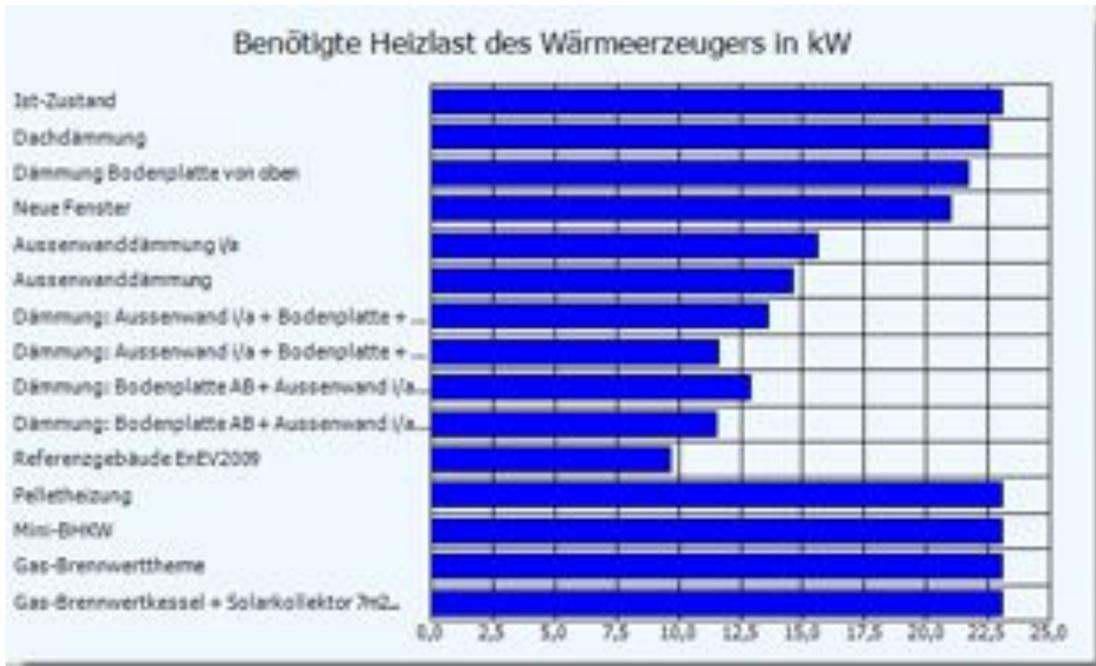


## 5.2 Die Varianten im Vergleich : Grafiken

Die folgende Grafik veranschaulicht die möglichen Energieeinsparungen. Es sind die einzelnen zuvor beschriebenen Varianten auf ihren Energiebedarf untersucht worden.



Die Heizlast verändert sich entsprechend der nachfolgenden Grafik. Die Heizlast kann zur näherungsweisen Dimensionierung des Wärmeezeugers nach der Sanierung genutzt werden.



## 6. Wirtschaftlichkeit

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden folgende Kosten angesetzt:

Energiepreisteuerung	7,00 %
Zinssatz	2,28 %
Betrachtungszeitraum	10,0 a

Kosten in EUR

Energieträger	Grundkosten in EUR/Jahr	Verbrauchskosten EUR/kWh
Erdgas	132,00	0,065
Flüssiggas	0,00	0,07
Heizöl	0,00	0,091
Steinkohle	0,00	0,032
Braunkohle	0,00	0,032
Tagstrom	0,00	0,205
Nachtstrom	0,00	0,13
Fern/Nahw. KWK fossil	0,00	0,11
Fern/Nahw. KWK ern.	0,00	0,05
Fern/Nahw. HW fossil	0,00	0,05
Fern/Nahw. HW ern.	0,00	0,05
Holz	0,00	0,064

### 6.1 Bewertung der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeit einer jeden Möglichkeit zur Energieeinsparung sollte nach den bekannten betriebswirtschaftlichen Methoden geprüft werden. Man muss jedoch davon ausgehen, dass sich viele der Möglichkeiten, bei den derzeitigen Energiepreisen bzw. der Lohn- und Materialkosten so betrachtet kurzfristig „nicht rechnen“.

Volkswirtschaftlich und ökologisch gesehen ist jedoch jede Maßnahme zur Einsparung von Primärenergie von Vorteil für die Gesellschaft und für die nachfolgenden Generationen.

Zudem erhöht sich mit einem energetisch fachgerecht sanierten und gut gedämmten Haus der Wohnkomfort beträchtlich. Die Bausubstanz wird geschont und vielfach durch die energetische Sanierung erst wieder in einen zeitgemäßen Gebrauchszustand versetzt (Wind- und Schlagregendichtigkeit, Vermeidung von Zuglufterscheinungen, Kondensatausfall, Schimmelbildung).

Bei einem Verkauf oder bei Vermietung spielt der niedrige Energieverbrauch und die Behaglichkeit eine zunehmend große Rolle.

## 6.2 Wirtschaftlichkeit selber ermitteln

Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen wurde mittels des EDV-Programms zur Erstellung einer Gebäudediagnose dynamisch ermittelt. Das heißt, dass Kapitalkosten durch Verzinsung berücksichtigt sind.

Ein Vergleich der Amortisationszeit mit der Lebensdauer gibt Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme. Die lange Lebensdauer bei der Dämmung von Gebäudebauteilen entspricht im Prinzip der Lebensdauer des Gebäudes. Bei bauphysikalisch richtiger Ausführung trägt die Dämmung u.U. sogar zu einer Erhöhung der Gebäudelebensdauer bei. Dies sollte unabhängig von der Wirtschaftlichkeit in eine Entscheidung mit einbezogen werden.

Die Kosten können nur als eine grobe Schätzung angesehen werden und sind im allgemeinen eher pessimistisch, d.h. die Maßnahmen sind u.U. kostengünstiger als angenommen. Wenn Maßnahmen ganz oder teilweise in Eigenleistung durchgeführt werden können, so wirkt sich dies positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus.

Die dynamische Betrachtung berücksichtigt Energiepreissteigerungen und die Verzinsung des eingesetzten Kapitals. In der Regel ist es jedoch so, dass die Verzinsung für einen privaten Anleger, zumindest langfristig betrachtet, so ist, dass sie praktisch durch die Inflation wieder zu Null wird. Aus diesem Grund ist es durchaus sinnvoll, die Wirtschaftlichkeit lediglich statisch zu betrachten, da dies den tatsächlichen Verhältnissen eines privaten Anlegers wesentlich näher kommt.

**Wenn Sie die Wirtschaftlichkeit überschlägig selber ermitteln möchten, können Sie dies mittels einer sogenannten statischen Berechnung durchführen. Wenn die Kapitalkosten in der gleichen Größenordnung wie die Energiepreissteigerung legen, ist der Fehler gegenüber der dynamischen Berechnung gleich Null.**

**Angenommen, Sie wollen eine Maßnahme erst später durchführen und haben ein konkretes Angebot:**

Investitionskosten	1000,-	EUR
Energieeinsparung	2500	kWh/a
Energiepreis	0,10	EUR/kWh

Heizkostensparnis	= Energieeinsparung • Energiepreis
Heizkostensparnis	= 2500 kWh/a • 0,10 EUR/kWh = 250 EUR/a

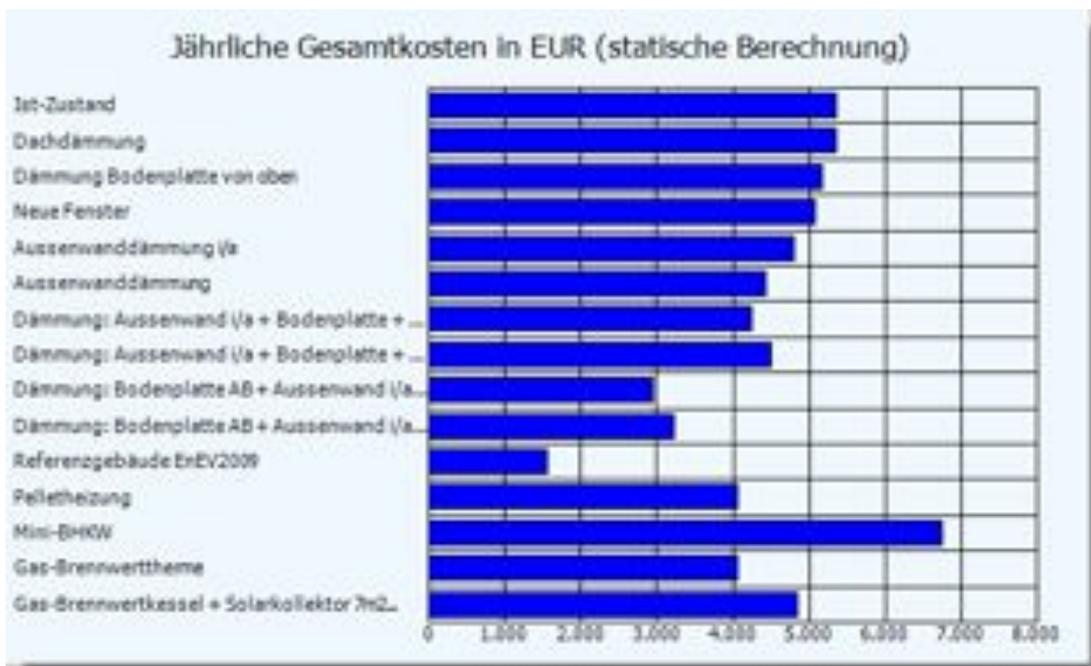
statische Amortisationszeit	= Investitionskosten/Heizkostensparnis
statische Amortisationszeit	= 1000,- EUR / 250 EUR/a = 4 Jahre

bei einer Heizungsanlage mit dem gleichen Brennstoff.

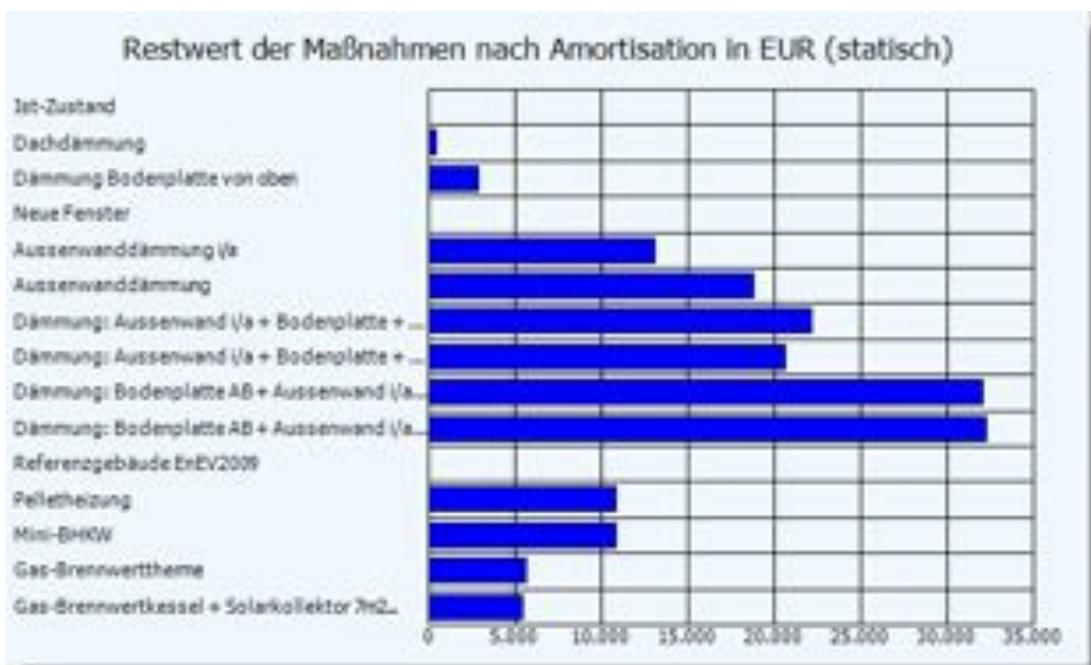
Für die Umrechnung der Energiemengen der verschiedenen Brennstoffarten benutzen Sie bitte folgende Umrechnungsfaktoren:

1Liter	Heizöl	10,0	kWh
1m <sup>3</sup>	Erdgas	10,4	kWh
1kg	Flüssiggas	12,8	kWh
1kg	Koks	8,7	kWh
1kg	Braunkohlebrikett	7,0	kWh
1kg	Holz	4,2	kWh

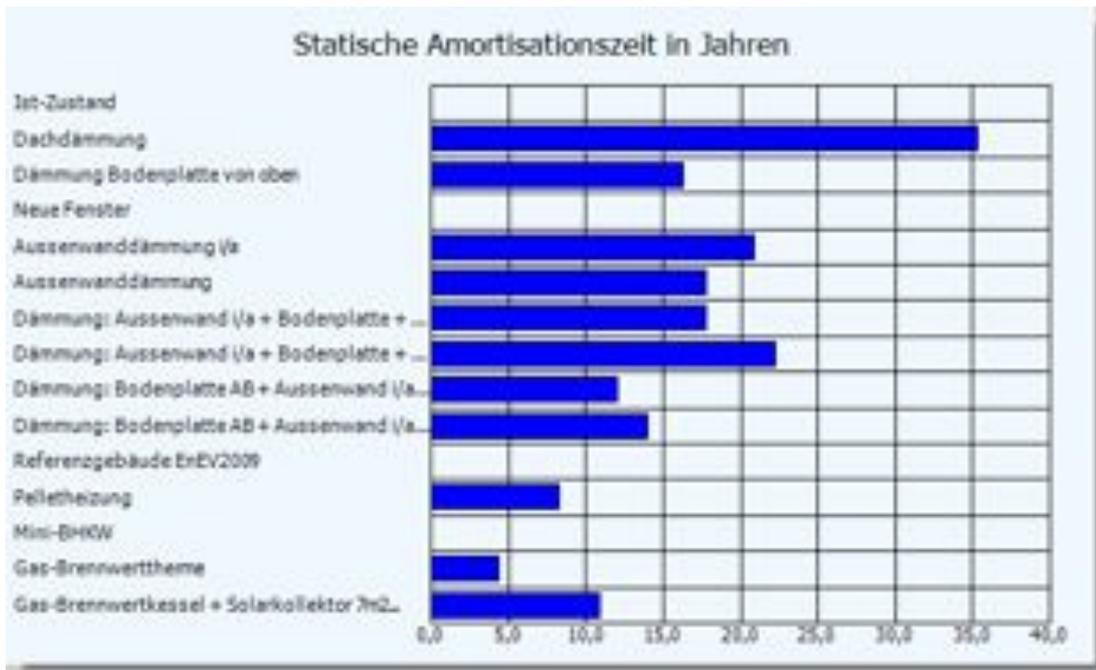
### 6.3 Wirtschaftlichkeit : Grafiken



Die statischen Gesamtkosten setzen sich aus den jährlichen Investitionskosten und den jährliche Energiekosten zusammen.



Ist die Amortisationszeit kürzer als die Lebensdauer rechnet sich die Maßnahme, da ein Restwert verbleibt.

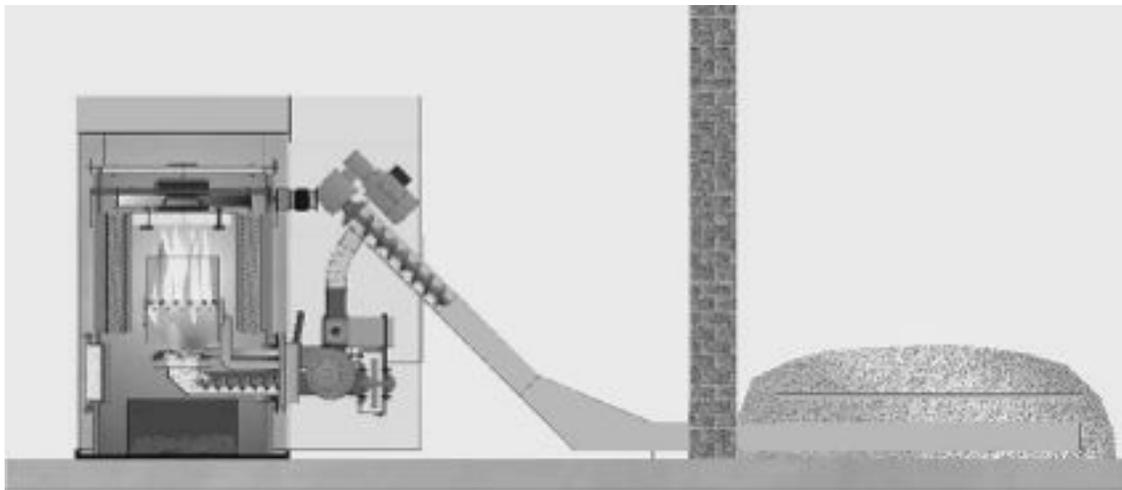


## 7. Technische Erläuterungen

### 7.1. Pelletskessel

Alternativ zu dem vorhandenen Brennstoff ist es möglich, dass Gebäude mit Holz, einem 100% regenerativen Energieträger, zu beheizen. Zwar wird auch bei der Verbrennung von Holz CO<sub>2</sub> freigesetzt, jedoch nur soviel, wie der Baum der Atmosphäre entzogen hat und wie beim Verrotten des Holzes im Wald ohnehin wieder freigesetzt werden würde.

Holz ist ein nachwachsender und damit regenerativer Energieträger. Mit der Holzpelletsheizung ist es erstmals gelungen, eine kontinuierliche Holzfeuerung zu entwickeln, die sich vom Bedienungskomfort mit einer Ölheizung vergleichen lässt. Statt eines Tankraumes für Öl, kann dieser Raum als Lagerraum für Pellets genutzt werden. Die Pellets können dann als Sackware oder im Silowagen angeliefert und eingeblasen werden. Im unteren Bereich des Lagerraumes befindet sich eine Schnecke, welche die Pellets kontinuierlich zum Holzpelletskessel transportiert.



Holzpelletskessel mit Raumentnahme

Sinnvoll ist hierbei eine Unterschubfeuerung, d.h. die Pellets werden von unten nachgeschoben und verbrennen an der Oberfläche mit Unterstützung eines Verbrennungsluftgebläses. Hierdurch ist eine kontinuierliche und gleichmäßige Verbrennung gewährleistet. Sogar eine Modulation, also eine Anpassung der Feuerungsleistung an den Wärmebedarf, ist in weiten Bereichen möglich.

Die entstehende Asche fällt dann über den Brennerkranz nach unten und wird gesammelt. Der Ascheanteil liegt bei guten Pellets unter 1% und kann als Dünger verwendet werden. Wird die Asche verdichtet oder ist der Aschekasten groß genug, so ist es ausreichend, den Aschekasten ein- bis zweimal im Jahr zu leeren. Dies ist im Rahmen der normalen Heizungswartung möglich. Die Pelletspreise liegen momentan deutlich unter dem von Heizöl und Erdgas. Im Rahmen der Förderung durch die Bafa ist ein Förderzuschuss möglich

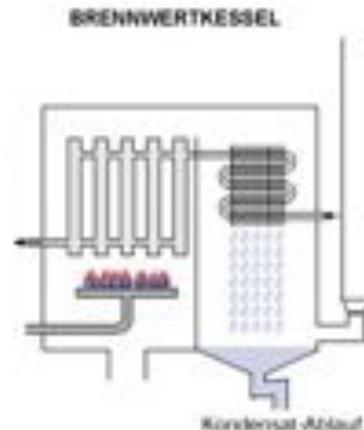
#### **Zu beachten ist:**

- eine regelmäßige Entfernung der Asche ist notwendig
- es wird ein Lagerraum für die Pellets benötigt

#### **Durch die Maßnahme ergeben sich folgende Vorteile:**

- die Emissionen an Luftschadstoffen verringern sich erheblich, weil die Verbrennung von Holz CO<sub>2</sub>-neutral ist
- niedrige Betriebskosten

## 7.2 Neuer Brennwertkessel



Brennwertkessel sind eine Weiterentwicklung der Niedertemperaturkessel. Sie erzielen gegenüber diesen deutlich geringere Schadstoffemissionen sowie eine um bis zu 11 Prozent bessere Ausnutzung des Brennstoffs. Bei einem Brennwertkessel werden die Abgase soweit herunter gekühlt, dass der Wasserdampf, der bei der Verbrennung entsteht, auskondensiert. Die dabei freiwerdende Kondensationswärme wird wieder dem Heizsystem zugeführt.

### Worauf Sie achten müssen:

- Ein Teil des Kondenswassers entsteht im Schornstein. Dabei verbindet es sich mit Abgasinhaltsstoffen und wird zur Säure. Das Abgassystem muss säurebeständig sein. Daher ist das Einbringen einer Abgasleitung in den Schornsteinschacht erforderlich.
- Kessel und Schornstein müssen an das häusliche Abwassersystem angeschlossen werden, um für den Abfluss des Kondenswassers zu sorgen. Denn schon in kleineren Gebäuden kommen in der Heizzeit einige Kubikmeter Brauchwasser zustande.
- Um die Vorzüge des neuen Kessels vollends auszunutzen, muss die Regelung sachgerecht eingestellt sein. Bei Übergabe der Heizung durch den Fachbetrieb sollten Sie sich in die Bedienung einführen lassen.
- Eine regelmäßige Wartung verlängert die Lebensdauer Ihres neuen Kessels und sorgt für einen störungsfreien und umweltschonenden Betrieb.
- Aber auch der Stromverbrauch der Heizungsanlage sollte beachtet werden. Hier liegt ein unterschätztes Einsparpotenzial. Besonders Umwälz- und Zirkulationspumpen sind durch starke Überdimensionierung und lange Laufzeiten häufig Stromgroßverbraucher.

Um ein optimales Ergebnis zu erreichen, ist es wichtig, dass alle Heizungskomponenten aufeinander abgestimmt sind.

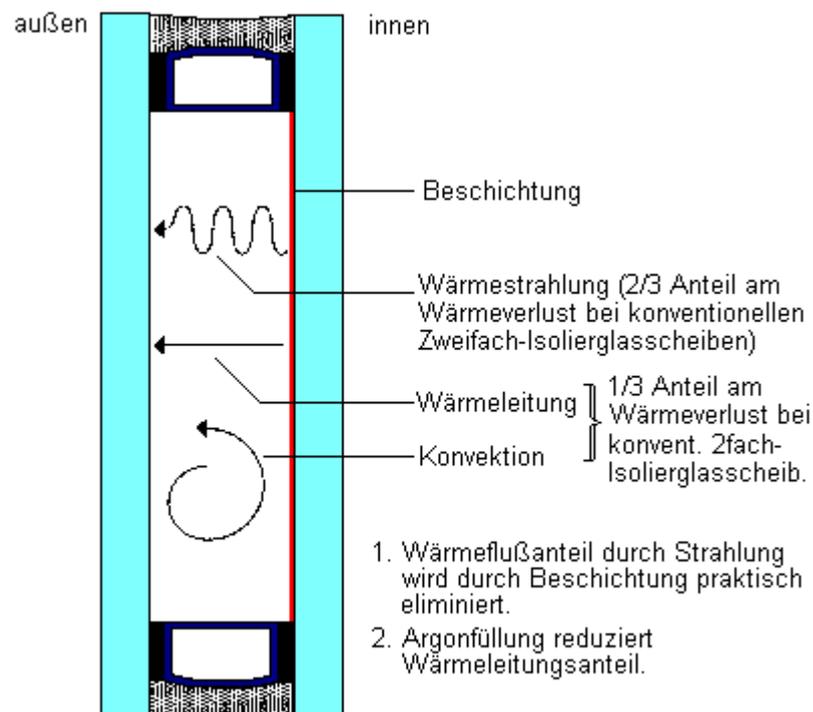
### Durch die Maßnahme ergeben sich folgende Vorteile:

- Durch den Einbau eines modernen Gas-Brennwertkessels verringert sich der Brennstoffverbrauch merklich. Gegenüber einem neuen Niedertemperaturkessel ergibt sich eine ca. 10 % bessere Brennstoffausnutzung.
- Die Emissionen an Luftschadstoffen verringern sich erheblich, weil bei der Verbrennung von Gas kaum noch Schwefeldioxid entsteht und moderne Vormischbrenner nur sehr niedrige  $\text{NO}_x$ -Emissionen haben.
-

### 7.3 Wärmeschutzverglasung

Bei der Fenstererneuerung sollen gut wärmedämmende dichtschließende Fenster mit Wärmeschutzverglasung eingebaut werden. Die Energieeinsparverordnung schreibt einen U-Wert von max.  $1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  für das gesamte Fenster vor. Die Glasindustrie bietet entsprechende Verglasungen für Renovierungen an; U-Werte bis hinunter zu  $0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  sind mit geringen Mehrkosten erhältlich und hinsichtlich der langen Lebensdauer zu empfehlen. Bei Wärmeschutzverglasungen ist die innere Scheibe mit einer wärmereflektierenden Schicht bedampft. Der Scheibenzwischenraum ist mit einem wärmedämmenden Edelgas gefüllt.

Die nachstehende Grafik zeigt das Prinzip der Wärmeschutzverglasung:



#### Zu beachten ist:

- Beim Einbau gut dichtender und gut wärmedämmender Fenster in eine schlecht oder mäßig gedämmte Außenwand kann es zu Feuchte und Schimmelbildung kommen, besonders in kaum beheizten Räumen wie Schlafzimmern. Sie sollten daher auf ein entsprechendes Lüftungsverhalten achten.
- Bei schlecht oder mäßig gedämmtem Mauerwerk ist die Fenstererneuerung im Zusammenhang mit einer Außenwanddämmung optimal. Die Fenster **vor** der Anbringung der Außendämmung erneuern und so einsetzen, dass sie bündig mit der Außenwand sitzen. Anschließend die Außendämmung über den Fensterrahmen ziehen.
- Beim Austausch eines Fensters die Wärmedämmung und Luftdichtigkeit des Rolladenkastens, soweit vorhanden, verbessern oder außenliegende Rolladen verwenden.

## 7.4 Sonstige Maßnahmen

### Anbringung von Fensterdichtungen

Gerade bei älteren Fenstern ergeben sich häufig Undichtigkeiten zwischen Fenster und Fensterrahmen, weil die Dichtungen entweder nicht ausreichend sind oder oft auch komplett fehlen. Einfache Dichtungsbänder aus dem Baumarkt können einfach und schnell in Eigenleistung angebracht werden und reduzieren Lüftungswärmeverluste.

### Abdichtung der Fenster

Der Fensterrahmen "arbeitet" im Mauerwerk. Hierdurch entstehen kleine Fugen zwischen Mauerwerk und Rahmen. Außerdem werden die Rahmen häufig nicht fachgerecht eingesetzt und abgedichtet. Umso wichtiger ist es, die Rahmen gegen das Mauerwerk dauerelastisch abzuspritzen und so dauerhaft zu dichten.

### Dämmung der Rollladenkästen

Rollladenkästen stellen Wärmebrücken dar und sollten daher gedämmt werden. Die Dämmung ist dabei auf der Innenseite der zum Raum hingewandten Flächen anzubringen. Ritzen und Spalten sollten dauerelastisch abgedichtet werden, um eine unkontrollierte Lüftung zu verhindern.

### Dämmung der Heizkörpernischen

Dort, wo die Wand am wärmsten wird - hinter den Heizkörpern - ist die Wand meist durch Heizkörpernischen geschwächt. Die hierdurch zusätzlich erhöhten Wärmeverluste können durch eine Dämmung der Nischen reduziert werden. Wenn Heizkörper abgenommen werden müssen, sollten die Nischen auf jeden Fall gedämmt werden, falls keine Dämmung der Außenwand vorgenommen wird.

### Drehzahlgeregelte Umwälzpumpe

Spätestens wenn vorhandene Heizungsumwälzpumpen für thermostatisch geregelte Heizkreise kaputt sind und ausgetauscht werden müssen, ist es ratsam, elektronisch geregelte Umwälzpumpen einzusetzen. Diese Pumpen „erkennen“, wann beispielweise ein Heizkörper gedrosselt wird und senken die Pumpendrehzahl. So wird weniger Pumpenstrom benötigt und Strömungsgeräusche an Ventilen werden reduziert.

### Ableich des Rohrnetzes (hydraulischer Abgleich)

Da das Heizungswasser bestrebt ist den Weg des geringsten Widerstandes zu gehen sollte ein Heizungsnetz abgeglichen werden. Durch einen hydraulischer Abgleich erreicht man die optimale Abstimmung des Wasserdurchflusses durch die Heizkörper und Rohre entsprechend den Erfordernissen. In jedem Heizkreis bzw. in jedem Heizkörper sollte annähernd der gleiche Druck und damit die gleiche Durchflussmenge zur Verfügung stehen. Ein fehlender hydraulischer Abgleich führt zu ungleichmäßiger Durchströmung einzelner Heizkreise, zu Strömungsgeräuschen und einem hohen Pumpenstrom.

- Dämmung der wärmeführenden Rohrleitungen

Die zu verlegenden Rohrleitungen sollten mindestens entsprechend der Energieeinsparverordnung gedämmt werden:

Tabelle 10: Mindestdämmstärken für Wärmeverteilungen

Nennweite (NW) der Rohrleitungen / Armaturen in mm	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W / mK Volle Anforderung	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W /mK Eingeschränkte Anforderung
bis NW 22	20 mm	10 mm
ab NW 22 bis NW 35	30 mm	15 mm
ab NW 35 bis NW 100	gleich NW	gleich 1/2 NW
über NW 100	100 mm	50 mm

Die eingeschränkten Anforderungen gelten für Leitungen und Armaturen in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Rohrleitungen, an Rohrleitungsverbindungsstellen, bei zentralen Rohrverteilern, Heizkörperanschlussleitungen von nicht mehr als 8 m Länge.

## 7.6 Nachrüstverpflichtungen nach der EnEV

Gemäß EnEV 2009 sind die Nachrüstplichten der EnEV 2007 weiterhin für alle Wohn- und Nichtwohngebäude wirksam.

Die Anforderungen im Einzelnen:

- Ungedämmte Heizungs- und Warmwasserleitungen müssen, sofern sie sich im unbeheiztem Gebäudebereich befinden, ebenso wie Armaturen gemäß EnEV gedämmt sein.
- Heizkessel für flüssige oder gasförmige Brennstoffe müssen ausgetauscht werden, wenn sie vor dem Oktober 1978 eingebaut wurden und die Nennwärmeleistung zwischen 4 kW und 400 kW liegt. Heizkessel deren Brenner nach dem 1. November ausgetauscht wurden bzw. die so modernisiert wurden, dass die z. Z. gültigen Abgasverlustgrenzwerte eingehalten werden, mussten zum 31.12.2008 außer Betrieb genommen worden sein. Niedertemperatur- oder Brennwert-Kessel müssen generell nicht ausgetauscht werden
- Oberste Geschossdecken, die nicht begehbar und zugänglich sind, sind so zu dämmen, dass der U-Wert (Wärmedurchgangswert) von höchstens 0,24 W/(m<sup>2</sup>K) gemäß EnEV eingehalten wird.
- Ab dem 31.12.2011 sind oberste Geschossdecken, die begehbar und zugänglich sind, so zu dämmen, dass der U-Wert (Wärmedurchgangswert) von höchstens 0,24 W/(m<sup>2</sup>K) gemäß EnEV eingehalten wird.
- Es sind einige Regelungen zur Außerbetriebnahme von Nachtspeicherheizungen in der EnEV2009 verankert. Diese sind sehr umfangreich und können direkt in der EnEV2009 nachgeschlagen werden.

nn

## 7.6 Schadstoffbilanz

Die Gefahr einer Klimakatastrophe verstärkt zur Zeit die öffentliche Diskussion um einen umweltverträglichen Energieeinsatz. Hauptverantwortlich für die drohende Klimaveränderung ist das Kohlendioxid. Aber auch andere Gase, wie z.B. unverbrannte Kohlenwasserstoffe, tragen das Ihrige dazu bei.

Neben der Gefahr der Klimaveränderung tragen die Emissionen, die durch die Verbrennung fossiler Energiequellen (Kohle, Öl, Gas etc.) verursacht werden, aber auch zu einer Vielzahl von weiteren Umweltbelastungen bei. Das Waldsterben, Atemwegserkrankungen, Schäden an Kulturdenkmälern, um nur eine kleine Auswahl zu nennen, gehören auch dazu.

**Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)** ist mit etwa 50% am sogenannten Treibhauseffekt beteiligt. CO<sub>2</sub> vermindert die Wärmeabstrahlung der Erde in den Weltraum. Dieser Effekt ist in einem bestimmten Umfang erwünscht, wäre ohne ihn doch ein Leben auf der Erde unmöglich. Wird das Gleichgewicht, das sich in Jahrmillionen eingestellt hat, durch eine Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre gestört, kommt es zu einer Aufheizung der Erdatmosphäre mit unberechenbaren Folgen für alle Lebensbereiche.

Die Menge des bei der Verbrennung entstehenden Kohlendioxids hängt von der Kohlenstoffmenge des Brennstoffes pro Energieinhalt ab. Ein Vergleich heute üblicher Energieträger ist der Tabelle 13 zu entnehmen. Bei dem Faktor für elektrischen Strom ist der durchschnittliche Kraftwerksmix der BRD zugrundegelegt.

Die Umweltbelastung durch Kohlendioxid kann durch Energieeinsparung, die Verwendung kohlenstoffärmerer Energieträger und die Verwendung regenerativer Energieträger wie Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, etc. reduziert werden.

**Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)** entsteht bei der Verbrennung von Schwefel oder Schwefelverbindungen, die vielfach als Verunreinigungen im Brennstoff enthalten sind. SO<sub>2</sub> bildet in der Atmosphäre Schwefelsäure und wird als Hauptverursacher des sauren Regens (⇒Waldsterben) angesehen. Die mit Abstand höchsten SO<sub>2</sub>-Emissionen werden durch die Kohlefeuerung, insbesondere Braunkohle, verursacht. Leichtes Heizöl emittiert erheblich weniger SO<sub>2</sub> gegenüber Kohle. Diese Emissionen lassen sich durch den Kauf von schwefelarmem Heizöl weiter reduzieren. Die SO<sub>2</sub>-Emissionen bei Erdgas sind praktisch zu vernachlässigen.

**Staub** entsteht bei der Verbrennung dadurch, dass feste unverbrannte Bestandteile des Brennstoffes oder der Verbrennungsluft, die nicht in die Asche mit eingebunden werden, den Schornstein als Staub verlassen. Je nach Größe der Partikel wird zwischen Grob- und Feinstaub unterschieden. Staubemissionen treten hauptsächlich bei der Kohlefeuerung und im geringen Maß bei der Ölfeuerung auf. Bei der Verbrennung von Erdgas entstehen keine nennenswerten Staubemissionen.

**Stickoxide (NO<sub>x</sub>)** entstehen bei hohen Temperaturen und sind im Wesentlichen von der Feuerungstechnik und weniger vom eingesetzten Brennstoff abhängig. NO<sub>x</sub> ist wesentlich für das Waldsterben und andere Umweltauswirkungen sowie für Gesundheitsschäden bei Mensch und Tier, z.B. durch die Bildung von Ozon in Zusammenhang mit Sonneneinstrahlung, verantwortlich.

**Kohlenmonoxid (CO)** entsteht bei unvollständiger Verbrennung, vorwiegend bei schlecht arbeitenden Feuerungsanlagen (z.B. infolge mangelnder oder unzureichender Wartung) oder bei unzureichend belüfteten Heizräumen.

Durch Verbesserung der Feuerungstechnik an Heizkesseln konnte in den letzten Jahren der Ausstoß von Kohlendioxid und Stickoxid erheblich reduziert werden. Achten Sie bitte deshalb beim Kauf eines neuen Kessels und Brenners darauf, dass diese mit dem Blauen Umweltengel ausgezeichnet sind. Solche Fabrikate zeichnen sich durch besonders niedrige Umweltbelastungen aus.

Außerdem sollten Kessel und Pumpen nicht überdimensioniert sein, da dies häufig zu einem Takten der Anlage führen kann. Dies bewirkt, neben einem höheren Verschleiß, dass während der Startphasen die Verbrennung unvollständig und alles andere als schadstoffarm verläuft.

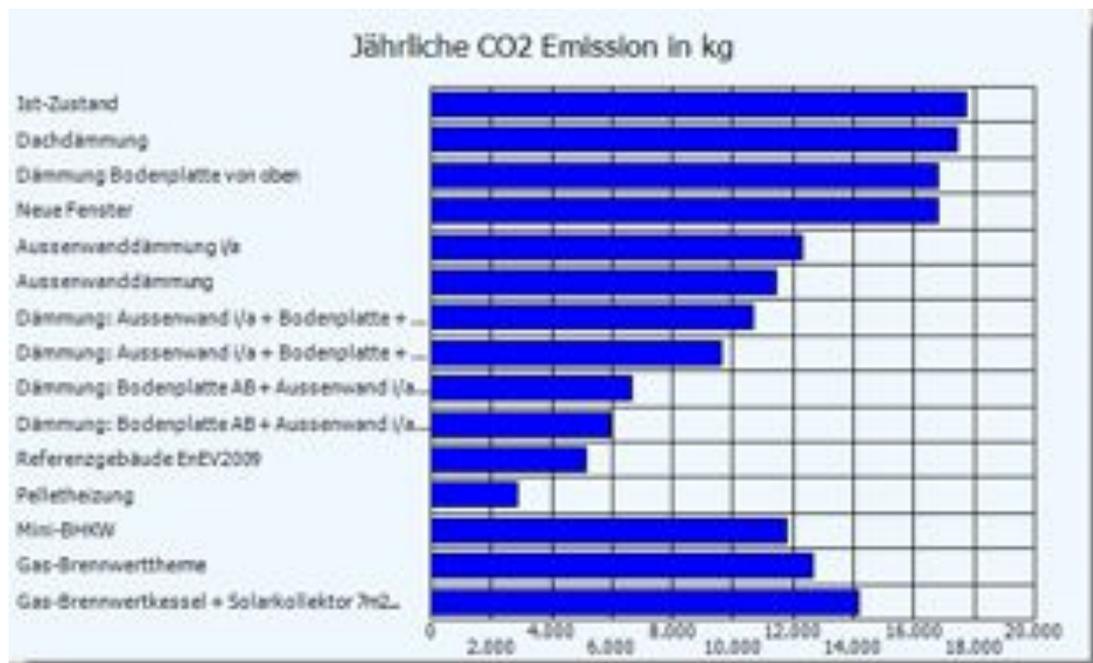
Für die Berechnung der Schadstoffemissionen wurden folgende spezifischen Emissionsfaktoren zugrunde gelegt.

Spezifische Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger<sup>1</sup>

Energieträger	Emissionsfaktoren kg/kWh					Primär- energie- faktor
	CO <sub>2</sub>	CO	Staub	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	
Erdgas	0,244	0,00015	0,0000004	0,000004	0,00011	1,1
Flüssiggas	0,263	0,00015	0,0000004	0,000004	0,00011	1,1
Heizöl	0,302	0,00019	0,000007	0,000643	0,000227	1,1
Steinkohle	0,438	0,0175	0,000439	0,0024	0,00035	1,1
Braunkohle	0,451	0,01425	0,000404	0,000921	0,000342	1,2
Tagstrom	0,633	0,00022	0,000077	0,001111	0,000583	2,6
Nachtstrom	0,633	0,00022	0,000077	0,001111	0,000583	2,6
Fern/Nahw. KWK fos.	0,219	0,000356	0,000009	-0,000134	0,000357	0,7
Fern/Nahw. KWK ern.	0,0	0,000936	0,00012	0,000567	0,001068	0,0
Fern/Nahw. HW fossil	0,407	0,034	0,00003	0,00047	0,00063	1,3
Fern/Nahw. HW ern.	0,1082	0,00112	0,000296	0,000606	0,000477	0,1
Holz	0,006	0,0128	0,000152	0,00636	0,000208	0,2
Holz-Pellets	0,041	0,0021	0,000152	0,000215	0,000208	0,2
Sonstiges	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

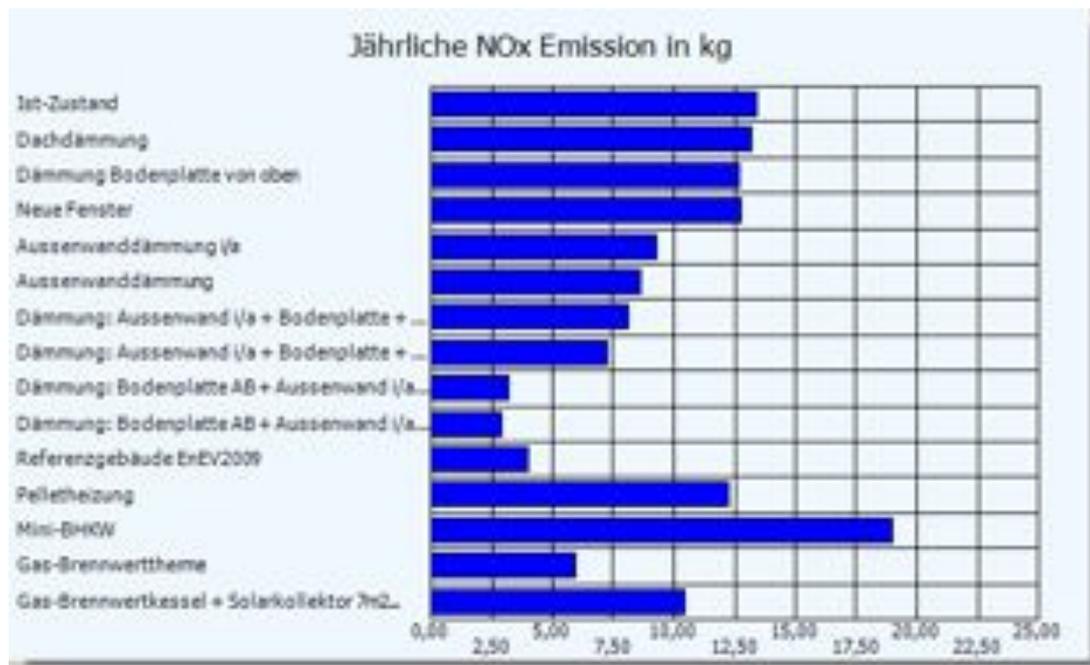
Die Auswirkungen der vorgeschlagenen Energiesparmaßnahmen auf den Schadstoffausstoß für CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> sind den nachstehenden Grafiken zu entnehmen.

CO<sub>2</sub> -Emissionen verschiedener Varianten



<sup>1</sup>Quelle: IWU 2009

NO<sub>x</sub> - Emissionen verschiedener Varianten



### 7.7 Warum Energie sparen

**EnEV (Energieeinsparverordnung):** Seit dem 1.2.2002 gilt die Energieeinsparverordnung (EnEV) und löst damit die Wärmeschutzverordnung '95 ab. Diese begrenzt nun den Transmissionswärmebedarf etwa auf den Stand der vorherigen Niedrigenergiehausqualität und begrenzt zusätzlich den Primärenergiebedarf. Damit wird zusätzlich die Qualität der gesamten Heizungsanlage, der Warmwasserbereitung sowie die Effizienz der Bereitstellung des verwendeten Energieträgers berücksichtigt. Es wird also die gesamte Prozesskette von der Primärenergiegewinnung bis zur Wärmeübergabe im Raum betrachtet

Niemand hat letztlich ein Interesse daran, Energie zu "verbrauchen". Das Interesse besteht darin, eine Energiedienstleistung in Anspruch zu nehmen. Beispiel für eine Energiedienstleistung ist die warme Wohnung, ein beleuchteter Arbeitsplatz oder auch eine schnelle Fortbewegung. Vielfach ist es möglich, ein und dieselbe Energiedienstleistung mit einem unterschiedlichen Energieeinsatz zu erreichen. Zum Beispiel kann eine warme Wohnung bei entsprechender Wärmedämmung mit einem erheblich geringeren Energieeinsatz erreicht werden. Dies bedeutet, dass durch Wärmedämmung die Energieproduktivität gesteigert werden kann.

Jeglicher Energieverbrauch stellt einen Eingriff in die Natur dar. Die Folgen sind Ressourcenverknappung, Klimaveränderung, Luftverschmutzung und sonstige Emissionen wie Schall und Wärme etc. Die Enquêtekommission des Deutschen Bundestages hat ermittelt, dass es, um die Folgen unseres Energieverbrauchs in erträglichen Grenzen zu halten, erforderlich ist, bis zum Jahre 2050 den CO<sub>2</sub>-Ausstoß (und damit annähernd 80% des Energiebedarfs) um 80% (Basis 1987) zu reduzieren und dies bei wachsender Weltbevölkerung. Diese Zahl verdeutlicht die Dringlichkeit von Energiesparmaßnahmen. Aus diesem Grunde sollte die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen nicht als alleiniges Kriterium betrachtet werden.

## 7.8. Förderung von Energiesparmaßnahmen

Da es eine Vielzahl von Förderprogrammen gibt, erhebt die nachfolgende Übersicht keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Teilweise sind die Programme, je nach den jeweils zur Verfügung stehenden Mitteln, auch nur zeitweise verfügbar bzw. müssen in kurzen Zeitabständen aktualisiert werden.

Dies bezieht sich insbesondere auf nachfolgend genannte Summen oder Förderzeiträume:

### *Bund*

- Nutzung erneuerbarer Energiequellen ⇒ ②

Solarthermische Anlagen ab 3 m<sup>2</sup> werden mit 60,- EUR/m<sup>2</sup> für die Brauchwassererwärmung (min. jedoch 410,- €) und mit 105,- EUR/m<sup>2</sup> für eine kombinierte Nutzung bezuschusst. Für Anlagen in Mehrfamilienhäusern oder die Erweiterung bestehender Anlagen gelten andere Bestimmungen.

Darüber hinaus gibt es Förderungen für Wasser- und Windkraftanlagen sowie für Biomasse- und Biogasanlage

- Beratung zur sparsamen und rationellen Energieverwendung in Wohngebäuden (Vor-Ort-Beratung). ⇒ ②

### *Land*

- REN-Programm ⇒ ③ (Rationelle Energieverwendung und Nutzung unerschöpflicher Energiequellen) Förderung z. B. Wärmepumpen, Windkraft, aktive und passive Solarenergie, Kraftwärmekopplung etc.

- Richtlinien über die Gewährung von Zuwendung zur Modernisierung von Wohnungen, Förderung für bauliche Maßnahmen, z. B. Verbesserung der Wärmedämmung, zentrale Heizungs- und Warmwasserversorgung, Wärmepumpen, Solaranlagen usw. ⇒ ④

### *Kommune*

- In einigen Kommunen, wie z.B. Kempen, Neuss, Krefeld, Wuppertal werden zum Teil Solaranlagen, Brennwertkessel, Wärmedämmung, Dachbegrünung, Regenwassernutzung und ähnliche Maßnahmen gefördert. Fragen Sie Ihr Wirtschaftsförderungsamt oder Ihren Energieversorger.

### *Geldinstitute*

- Verschiedene Geldinstitute bieten zinsgünstige Kredite für energiesparende Maßnahmen an. Die Ökobank in Frankfurt bietet beispielsweise einen Kredit an, der 2% unter dem marktüblichen Zinssatz liegt.

- Die KfW vergibt zinsgünstige Kredite (ca. 2 % - 4 % unter Kapitalmarktzins) für energiesparende Maßnahmen. Dieses Programm wird über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) abgewickelt. Auskunft hierüber können Sie bei Ihrer Hausbank erhalten. ⇒ ⑤

Bei der Vermietung von Wohnraum besteht das Problem, dass Investitionen vom Vermieter zu tragen sind, die Energie- und damit Kosteneinsparung dem Mieter zugute kommt. Deshalb darf die Miete nach der Durchführung von energiesparenden Maßnahmen unter bestimmten Voraussetzungen angepasst werden.

Vermieter im sozialen Wohnungsbau haben die Möglichkeiten, bei entsprechend energiesparender Bauweise eine erhöhte Kaltmiete anzusetzen. Mieterhöhungen für energiesparende Maßnahmen im Rahmen von Modernisierungen bedürfen unter Umständen eines Wirtschaftlichkeitsnachweises.

Adressen für Förderanträge:

Kommission der EG, Generaldirektion Energie, Programm Thermie, 200 rue de la Loi, B-1049 Brüssel

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Postfach 51 71, D-65726 Eschborn, 06196/404-493,  
[www.bafa.de](http://www.bafa.de)

ISB-Bank Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz, Wohnraumförderung, [www.isb.rlp.de](http://www.isb.rlp.de) Holzhofstraße  
4, D-55116 Mainz, Telefon 06131 6172-0, Telefax 06131 6172-1299

Dorferneuerungsprogramm des Landes Rheinland-Pfalz im Landkreis Mayen-Koblenz,  
Kreisverwaltung Mayen-Koblenz Bahnhofstraße 9 56068 Koblenz  
Herr Alois Astor Telefon: 0261 / 108-439 Fax: 0261 / 108-8-439  
Mail: [alois.astor@kvmyk.de](mailto:alois.astor@kvmyk.de)

E-

Kreditanstalt für Wiederaufbau, Postfach 11 11 41, D-60046 Frankfurt am Main, 069/7431-0 [www.kfw.de](http://www.kfw.de)

### 8. GLOSSAR

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

**Wärmeleitfähigkeit:** Die Wärmeleitfähigkeit in  $W/(mK)$  gibt an, welche Wärmemenge in einer Stunde durch einen Quadratmeter einer 1 m dicken Baustoffschicht hindurchgeht, wenn der Temperaturunterschied zwischen den beiden Oberflächen 1 Kelvin beträgt. Sie ist ein wichtiges Kriterium für die Qualität von Dämmstoffen. Je kleiner die Wärmeleitfähigkeit, desto besser ist die Wärmedämmeigenschaften des Baustoffs. Die Wärmeleitfähigkeit wird von der Dichte des Baustoffes und der Feuchtigkeit beeinflusst. Je mehr Poren ein Baustoff hat, desto geringer ist die Wärmeleitfähigkeit, da Luft gut dämmt. Je mehr Feuchtigkeit ein Baustoff hat, desto höher ist die Wärmeleitfähigkeit. Ein Baustoff mit einer geringen Dichte und einer geringen Feuchtigkeit hat also gute Dämmeigenschaften.

**U-Wert:** Wichtige Energiespargröße. Der U-Wert, der s. g. Wärmedurchgangskoeffizient, ist eine bauphysikalische Größe, die angibt, wie viel Energie (Watt) pro Bauteilfläche ( $m^2$ ) bei einem Grad Temperaturdifferenz ( $K = \text{Grad Kelvin}$ ) durch das Bauteil transmittiert (Einheit:  $W/m^2K$ ). Je kleiner der U-Wert, desto besser ist die Wärmedämmung des Bauteils und umso geringer der Wärmeverlust.

**Temperatur-Korrekturfaktor( $F_{xi}$ ):** Dimensionsloser Faktor zur Berechnung des Heizwärme-bedarfs.

**Transmissionswärmeverlust ( $H_T$ ):** Er entsteht infolge der Wärmeableitung über die Umschließungsflächen beheizter Räume, wie Wände, Fußböden, Decken oder Fenster. Nach der EnEV stellt der Transmissionswärmeverlust den Wärmestrom durch die Außenbauteile je Grad Kelvin Temperaturdifferenz dar ( $W/K$ ). Es gilt: Je kleiner der Wert, umso besser ist die Dämmwirkung der Gebäudehülle. Durch zusätzlichen Bezug auf die wärme übertragende Umfassungsfläche liefert der Wert ( $H_T' / W/m^2K$ ) einen wichtigen Hinweis auf die Qualität des Wärmeschutzes.

**Lüftungswärmeverlust:** Der Lüftungswärmeverlust stellt jene Wärmemenge dar, die in der Praxis durch Lüftungsvorgänge, Undichtheiten, Schornsteinzug usw. mit der Abluft aus dem Haus entweicht.

**Heizwärmebedarf:** Hierbei handelt es sich um die Wärmemenge, die erforderlich ist, um Transmission und Lüftung eines Gebäudes zu decken. Heizungsverluste und Warmwasser sind hierin nicht enthalten.

**Heizenergiebedarf:** Der Heizenergiebedarf ist diejenige Endenergie, die der Heizungs-anlage eines Gebäudes zugeführt werden muss, damit sie den Heizwärmebedarf des Gebäudes decken kann. Die Heizenergie ist gleich der Heizwärme zuzüglich der Verluste in der Heizungsanlage und in der Verteilung.

**Trinkwasserwärmebedarf:** ist die Energiemenge, die zur Erwärmung dem Trinkwasser zugeführt werden muss. Verluste bei der Energieumwandlung (z. B. Verluste des Heizkessels), der Verteilung und sonstige technische Verluste sind nicht enthalten. Er wird bei einer Berechnung nach der EnEV pauschal mit  $12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  angesetzt. Dies entspricht einem Bedarf von  $23 \text{ l/Person/Tag}$ .

**Endenergiebedarf:** Der Endenergiebedarf ist die berechnete Energiemenge, die zur Deckung des Heizwärmebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs einschließlich der Verluste der Anlagentechnik benötigt wird. Die Endenergie sollte dabei im Allgemeinen der vom Energieerzeuger berechneten Menge Heizöl (Liter), Erdgas ( $m^3$  oder kWh) oder Strom (kWh) entsprechen. Für den Verbrauch bedeutet dies im Normalfall bei Wohngebäuden den Heiz- oder Warmwasserenergieverbrauch, wie er auf den Verbrauchsabrechnungen zu finden ist. Wie groß diese Energiemenge tatsächlich ist, hängt von den Lebensgewohnheiten der Gebäudebenutzer und den jeweiligen örtlichen Klimaverhältnissen ab.

**Endenergieverbrauch:** Auch wenn es im physikalischen Sinne keinen Verbrauch gibt, da es sich immer nur um Energieumwandlungen handelt, wird dieser Begriff dennoch verwendet, um die tatsächlich in Anspruch genommene bzw. umgesetzte Energie zu beschreiben.

**Anlagenaufwandszahl:** Die Anlagenaufwandszahl stellt das Verhältnis von Aufwand und Nutzen (z. B. eingesetzter Brennstoff zu abgegebener Wärmeleistung) eines gesamten Anlagensystems dar. Je kleiner die A. ist, umso effizienter ist die Anlage. Die A. schließt auch die anteilige Nutzung erneuerbarer Energien ein. Deshalb kann dieser Wert auch kleiner als 1,0 sein. Bei A. ist die Primärenergie einbezogen. Die Zahl gibt also

an, wie viele Einheiten (kWh) Energie aus der Energiequelle (z.B. einer Erdgasquelle) gewonnen werden müssen, um mit der beschriebenen Anlage eine Einheit Nutzwärme im Raum bereitzustellen. Die A. hat nur für die Gebäudeausführung Gültigkeit, für die sie berechnet wurde.

**Primärenergiebedarf:** Der Primärenergiebedarf berücksichtigt neben dem Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser auch die Verluste, die von der Gewinnung des Energie-trägers an seiner Quelle über Aufbereitung und Transport bis zum Gebäude und der Verteilung, Speicherung im Gebäude anfallen.

**Brennwert:** Bei Brennstoffen unterscheidet man zwei Wärmewerte: Den Brennwert  $H_o$  (früher: oberer Heizwert) und den Heizwert  $H_u$  (früher: unterer Heizwert). Der Brennwert gibt die gesamte Wärmemenge an, die bei der Verbrennung frei wird, also auch die Wärme, die im Wasserdampf der Abgase (Wasserdampfkondensation) gebunden ist. Der Heizwert dagegen berücksichtigt nur die Wärme, die ohne Abgaskondensation nutzbar ist. Bei Erdgas liegt der Brennwert deutlich höher als der Heizwert - um 11%.

**Kesselwirkungsgrad:** Die wesentlichen Verluste einer Kesselanlage entstehen durch, im Abgas mitgeführte Wärmeverluste (Abgasverluste), Oberflächenverluste des Heizkessels während des Brennerbetriebs. Diese ergeben zusammen den Kesselwirkungsgrad (Verhältnis von abgegebener Kessel-Nennleistung zum Energieaufwand).

**Energiebilanz:** Differenzierte Darstellung der Energieflüsse zwischen dem Gebäude und der Umgebung. Die Summe aller Energieverluste abzüglich der Energiegewinne ist der Endenergiebedarf.

**Gradtagzahl:** Sie ist ein Maß für den Wärmebedarf eines Gebäudes während der Heizperiode mit der Einheit [Kd/a]. Sie stellt den Zusammenhang zwischen der gewünschten Raumtemperatur und der Außenlufttemperatur dar und ist somit ein Hilfsmittel zu Bestimmung des Wärmebedarfes eines Wohnraumes.

**Heizlast:** Unter Heizlast versteht man die zum Aufrechterhalt einer bestimmten Raumtemperatur notwendige Wärmezufuhr, sie wird in Watt angegeben. Die Heizlast richtet sich nach der Lage des Gebäudes, der Bauweise der wärme übertragenden Gebäudeumfassungsflächen und dem Bestimmungszweck der einzelnen Räume. Nach der Heizlast richtet sich die Auslegung der Heizungsanlage.

**Bezugsfläche:** Die Bezugsfläche (Gebäudenutzfläche AN) wurde gemäß Energieeinsparverordnung aus dem beheizten Gebäudevolumen abgeleitet. Die tatsächliche Wohnfläche liegt i.d. R. etwa 20 – 40 % unter dieser errechneten Fläche.

**Luftwechselrate:** Die Luftwechselrate  $n$  in der Einheit [1/h] ist eine Zahl welche angibt, wie oft das Raumvolumen/Gebäudevolumen in einer Stunde ausgetauscht wird. Sie spielt in der Lüftung von Gebäuden eine Rolle. Bei einem Luftwechsel von 0,7 /h wird in einer Stunde das 0,7-fache (= 70 %) des Raum-/Gebäudevolumens mit Außenluft ausgetauscht.

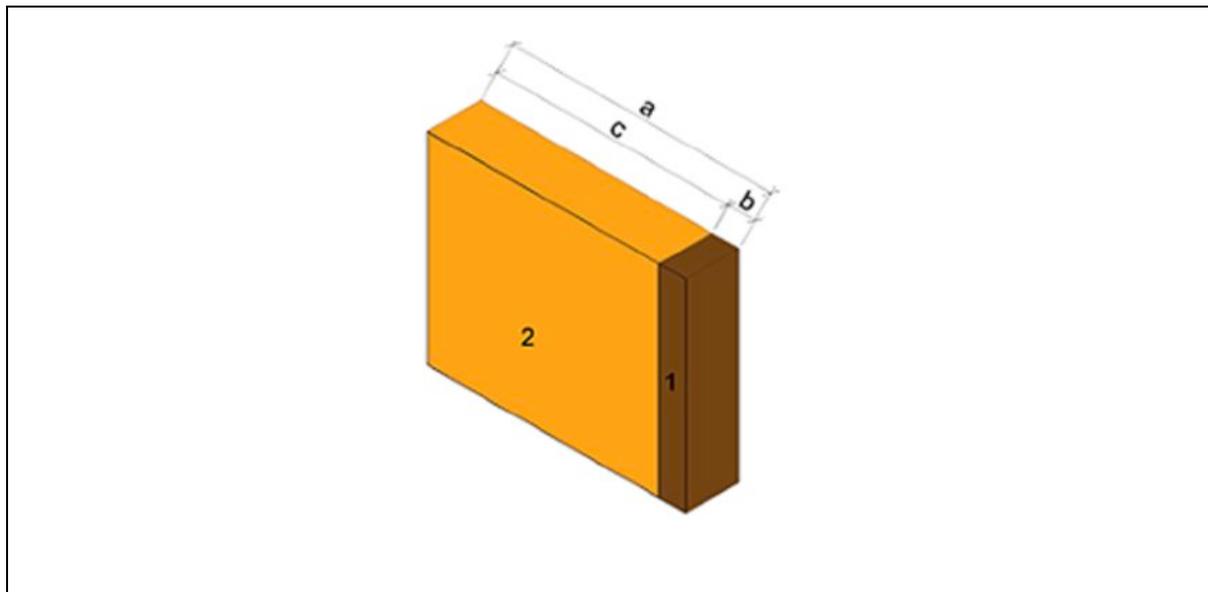
**Wärmebrücken:** Als Wärmebrücken werden örtlich begrenzte Stellen bezeichnet, die im Vergleich zu den angrenzenden Bauteilbereichen eine höhere Wärmestromdichte aufweisen. Daraus ergeben sich zusätzliche Wärmeverluste sowie eine reduzierte Oberflächentemperatur des Bauteils in dem betreffenden Bereich.

Wird die Oberflächentemperatur durch eine vorhandene Wärmebrücke abgesenkt, kann es an dieser Stelle, bei Unterschreitung der Taupunkttemperatur der Raumluft, zu Kondensatbildung auf der Bauteiloberfläche mit den bekannten Folgeerscheinungen, wie z. B. Schimmelbildung kommen.

Typische Wärmebrücken sind z. B. Balkonplatten, Attiken, Betonstützen im Bereich eines Luftgeschosses, Fensteranschlüsse an Laibungen.

**Bodenaufbau Altbau über Gewölbekeller**

Einbauzustand: :	Grundfläche / Kellerdecke				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
1,367	0,732	-	20,68	21,61	192,8



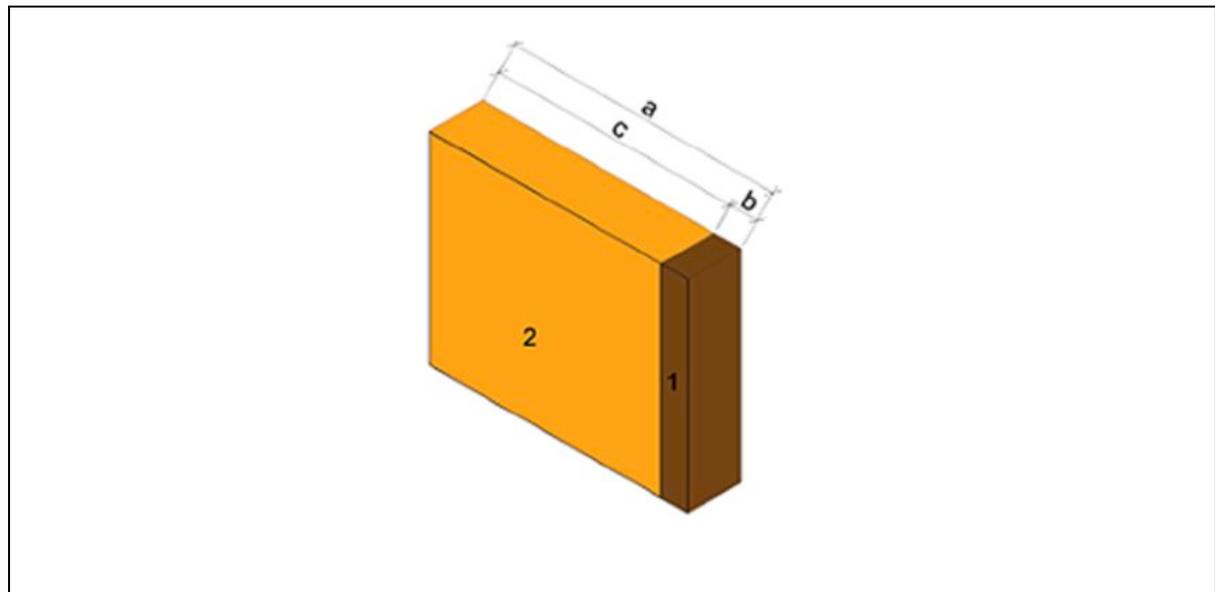
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1700	100,0
1	Fichte/Kiefer	20,00	0,130	0,1538	100,0
2	Fichte/Kiefer	40,00	0,130	0,3077	9,6
3	Luft ruhend WärSt.aufw.	40,00	0,250	0,1600	90,4
4	Estrich,Zement	100,00	1,400	0,0714	90,4
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,1700	100,0

**ALTBAU: FENSTER ISOLIERGLAS, EG/OG `82/`87**

Einbauzustand: :	Fenster,Nordost / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
3,000	0,333	0,75	26,10	8,7	-

**Bodenaufbau Altbau über Erdreich/Fels**

Einbauzustand: :	Grundfläche / Erdreich, Bodenplatte				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
1,781	0,561	-	30,74	38,36	192,8



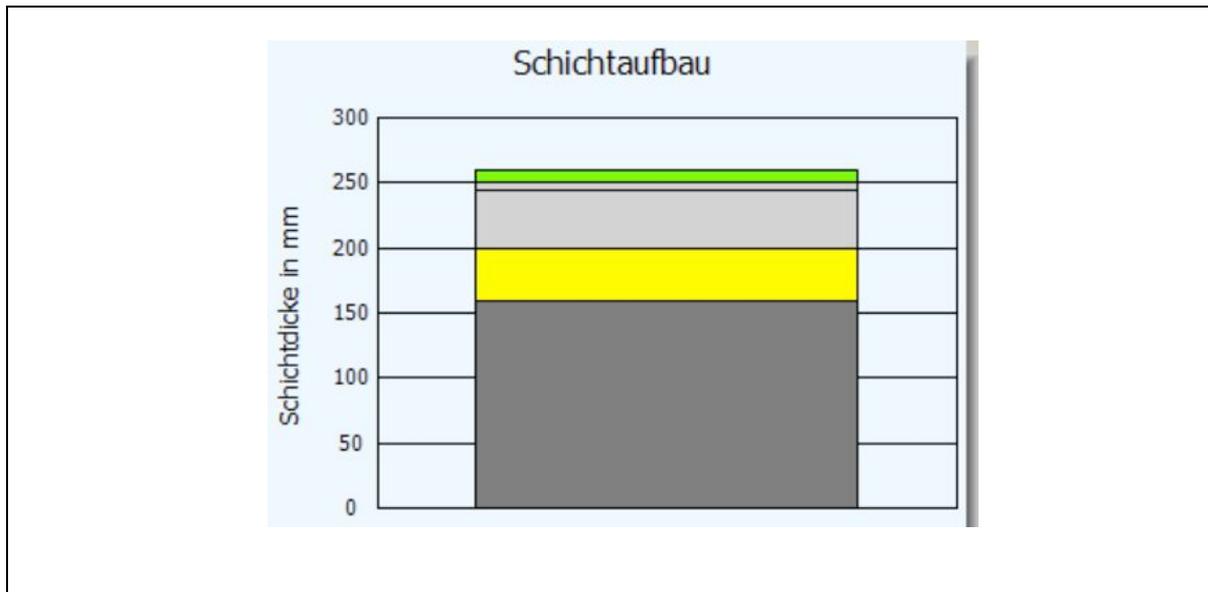
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1700	100,0
1	Fichte/Kiefer	20,00	0,130	0,1538	100,0
2	Fichte/Kiefer	40,00	0,130	0,3077	9,6
3	Luft ruhend WärSt.aufw.	40,00	0,250	0,1600	90,4
4	Estrich,Zement	100,00	1,400	0,0714	90,4
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0000	100,0

**Altbau, FENSTERTÜRE, ISOLIERGLAS, EG-HOFTÜRE**

Einbauzustand: :	Fenster,Südwest / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
1,390	0,719	0,75	5,00	3,6	-

**Bodenaufbau Neubau: Bodenplatte über Erdreich/Fels**

Einbauzustand: :	Grundfläche / Erdreich, Bodenplatte				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
0,695	1,439	-	7,69	36,9	505,0



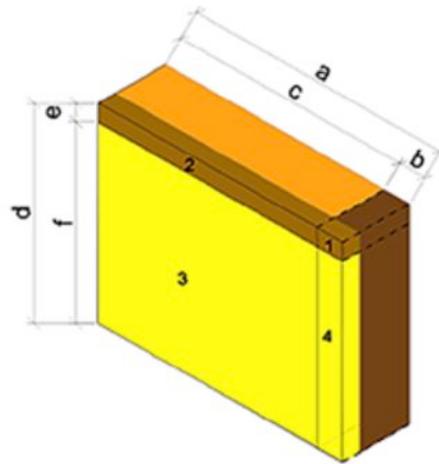
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1700	100,0
1	Fliese 20x20	10,00	1,000	0,0100	100,0
2	Estrich,Zement	5,00	1,400	0,0036	100,0
3	Estrich,Zement	45,00	1,400	0,0321	100,0
4	extr. PS-Schaum_035	40,00	0,035	1,1429	100,0
5	Beton_2400	160,00	2,000	0,0800	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0000	100,0

**Altbau, Fenster ISOLIERGLAS, EG-KÜCHE**

Einbauzustand: :	Fenster,Südwest / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
1,490	0,671	0,75	2,16	1,45	-

**Altbau: Außenwand EG mit Vorsatzschale innen, 57cm**

Einbauzustand: :	Wand,Nordost / Nordwest / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
1,245	0,803	-	19,56	15,71	1333,5



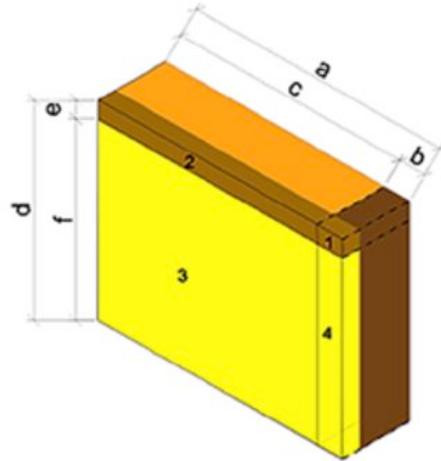
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Gipskartonplatten	12,50	0,250	0,0500	100,0
2	exp. PS-Schaum_035	20,00	0,035	0,5714	100,0
3	Fichte/Kiefer	24,00	0,130	0,1846	8,0
4	Luftzwischenraum_>_20	24,00	0,141	0,1702	92,0
5	Kalkzementputz_1800	15,00	1,000	0,0150	100,0
6	Ton-Schieferstein	485,00	2,059	0,2356	77,5
7	Kalkzementputz_1800	485,00	1,000	0,4850	22,5
8	Kalkzementputz_1800	25,00	1,000	0,0250	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

**ALTBAU FENSTER ISOLIERGLAS, EG/OG TEPPENHAUS**

Einbauzustand: :	Fenster,Südwest / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
1,050	0,952	0,75	1,22	1,16	-

## ALTBAU: AUßENWAND EG MIT HEIZKÖRPERNISCHEN + VORSATZSCHALE INNEN, 57CM

Einbauzustand: :	Wand,Nordost / Nordwest / Außenluft				
Kommentar:	Außenwandstärke 26cm				
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
1,372	0,729	-	2,33	1,7	755,1



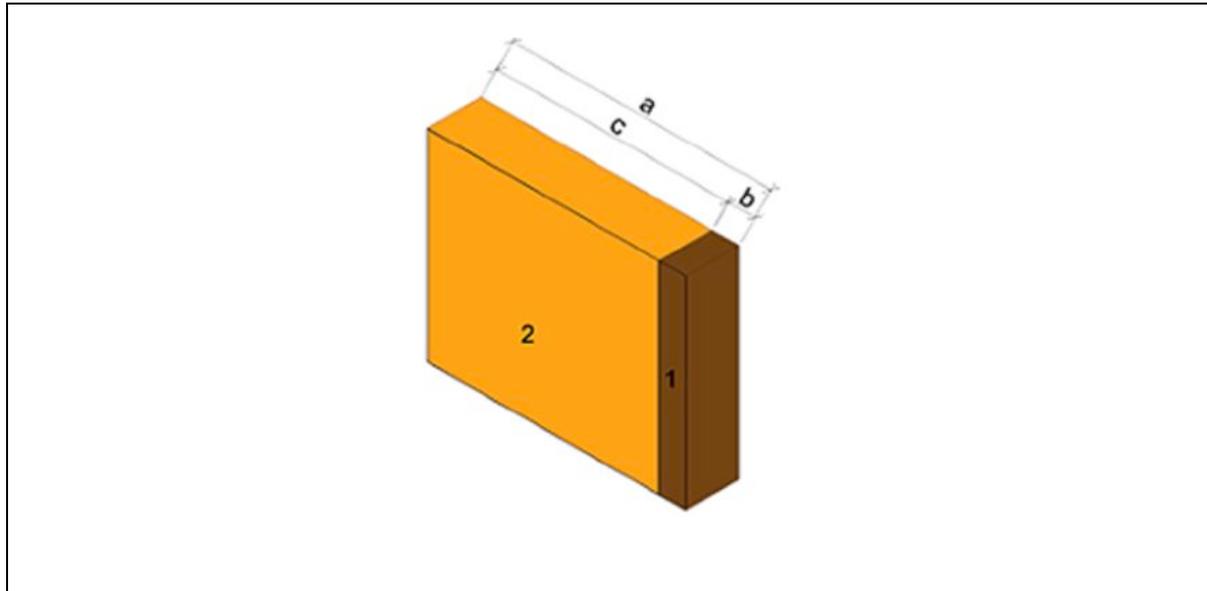
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Gipskartonplatten	12,50	0,250	0,0500	100,0
2	exp. PS-Schaum_035	20,00	0,035	0,5714	100,0
3	Fichte/Kiefer	40,00	0,130	0,3077	9,6
4	Luftzwischenraum_>_20	40,00	0,235	0,1702	90,4
5	Kalkzementputz_1800	15,00	1,000	0,0150	100,0
6	Ton-Schieferstein	260,00	2,059	0,1263	77,5
7	Kalkzementputz_1800	260,00	1,000	0,2600	22,5
8	Kalkzementputz_1800	25,00	1,000	0,0250	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

## ALTBAU: FENSTER ISOLIERGLAS, OG-BAD

Einbauzustand: :	Fenster,Südwest / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,420	0,413	0,75	1,23	0,51	-

**ALTBAU: AUßENWAND OG 48CM**

Einbauzustand: :	Wand,Nordost / Nordwest / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,194	0,456	-	32,80	14,95	1205,0



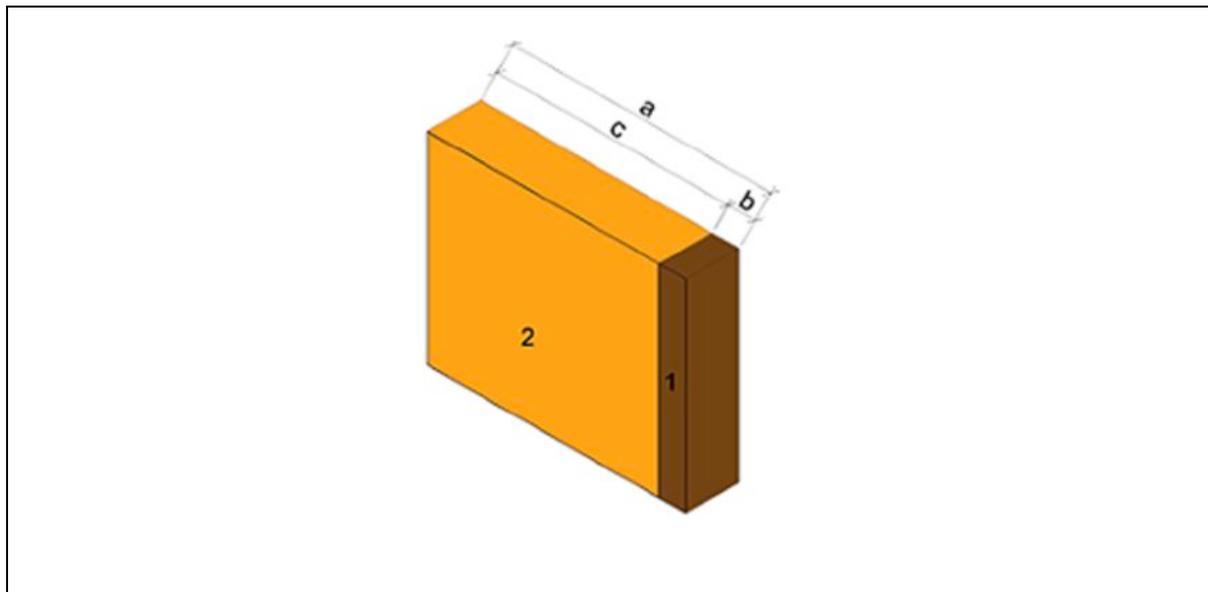
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz_1800	15,00	1,000	0,0150	100,0
2	Ton-Schieferstein	440,00	2,059	0,2137	77,5
3	Kalkzementputz_1800	440,00	1,000	0,4400	22,5
4	Kalkzementputz_1800	25,00	1,000	0,0250	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

**ALTBAU: FENSTER ISOLIERGLAS, DG-GIEBEL STRAßENSEITE**

Einbauzustand: :	Fenster,Nordwest / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,840	0,352	0,75	4,83	1,7	-

**ALTBAU: AUßENWAND OG MIT HEIZKÖRPERNISCH**

Einbauzustand: :	Wand,Nordost / Nordwest / Außenluft				
Kommentar:	Außenwandstärke 26cm				
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,569	0,389	-	7,19	2,8	999,0



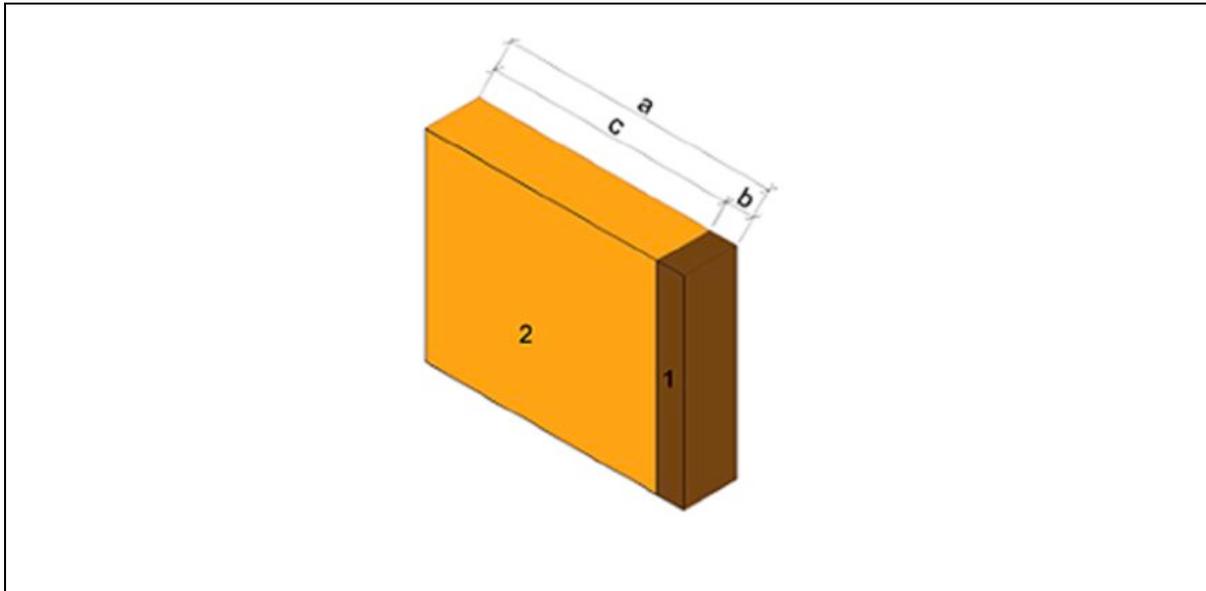
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz_1800	15,00	1,000	0,0150	100,0
2	Ton-Schieferstein	360,00	2,059	0,1748	77,5
3	Kalkzementputz_1800	360,00	1,000	0,3600	22,5
4	Kalkzementputz_1800	25,00	1,000	0,0250	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

**ALTBAU: FENSTER ISOLIERGLAS, DG- GIEBEL NEUBAUBAUSEITE**

Einbauzustand: :	Fenster,Südost / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,670	0,375	0,75	5,34	2,0	-

**ALTBAU: AUßENWAND DG / DREMPELBEREICH**

Einbauzustand: :	Wand,Südwest / Nordwest / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
0,748	1,337	-	5,99	8,01	1039,3



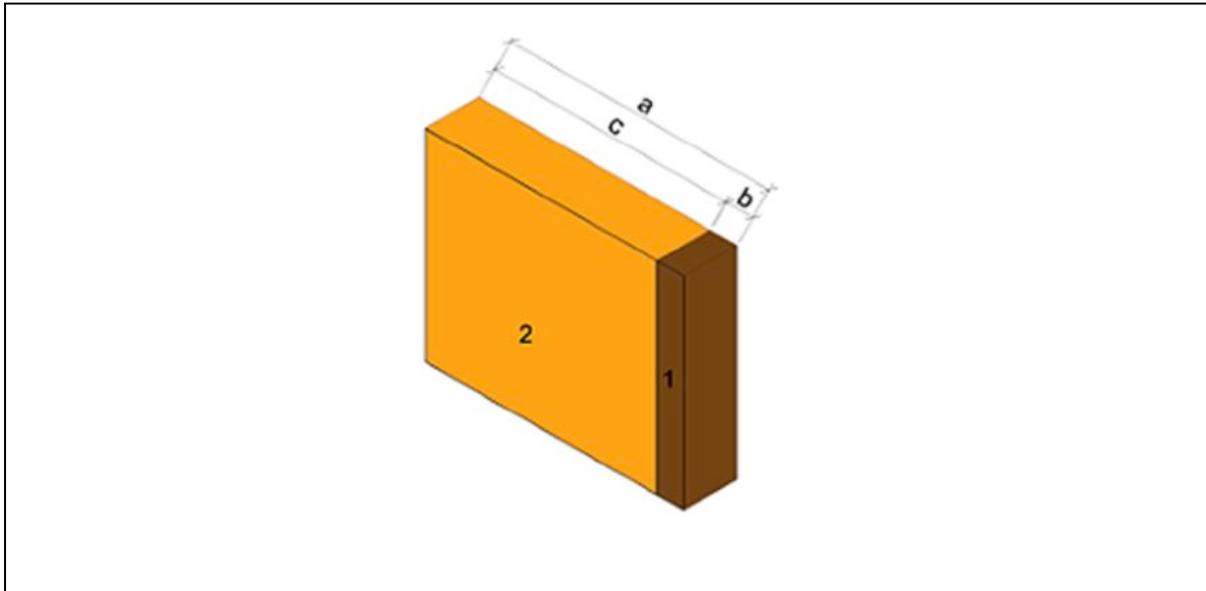
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Gipskartonplatten	12,50	0,250	0,0500	100,0
2	Holzwolepl._090	25,00	0,090	0,2778	100,0
3	Porenb-Planstein_600	115,00	0,190	0,6053	100,0
4	Kalkzementputz_1800	15,00	1,000	0,0150	100,0
5	Ton-Schieferstein	340,00	2,059	0,1651	77,5
6	Kalkzementputz_1800	340,00	1,000	0,3400	22,5
7	Kalkzementputz_1800	25,00	1,000	0,0250	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

**Altbau: Fenster ISOLIERGLAS, DG-DACHFLÄCHENFENSTER**

Einbauzustand: :	Fenster,Nordwest,45° / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,800	0,357	0,75	2,96	1,06	-

**ALTBAU: AUßENWAND DG / GIEBEL**

Einbauzustand: :	Wand, Nordwest / Südost / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,498	0,400	-	14,74	5,9	947,5



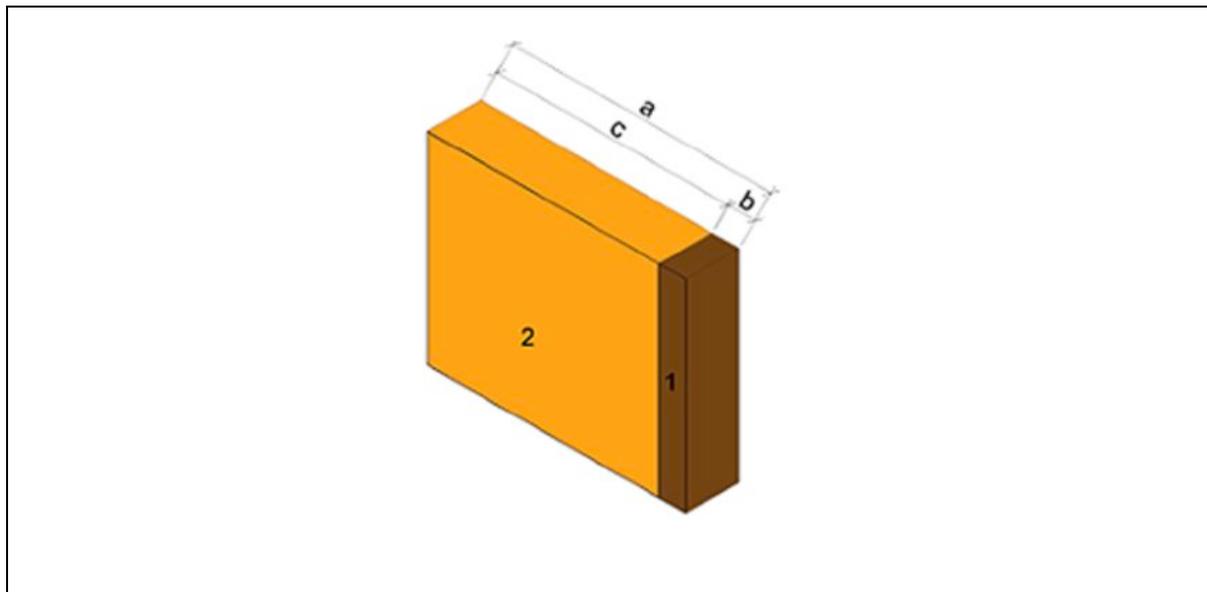
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz_1800	15,00	1,000	0,0150	100,0
2	Ton-Schieferstein	340,00	2,059	0,1651	77,5
3	Kalkzementputz_1800	340,00	1,000	0,3400	22,5
4	Kalkzementputz_1800	25,00	1,000	0,0250	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

**Neubau: Fenster Isolierglas, EG-Diele**

Einbauzustand: :	Fenster, Nordost / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,770	0,361	0,75	6,68	2,41	-

**ALTBAU: DACHFLÄCHEN**

Einbauzustand: :	Dach,Nordost / Südwest,45° / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
0,334	2,994	-	10,88	32,57	75,6



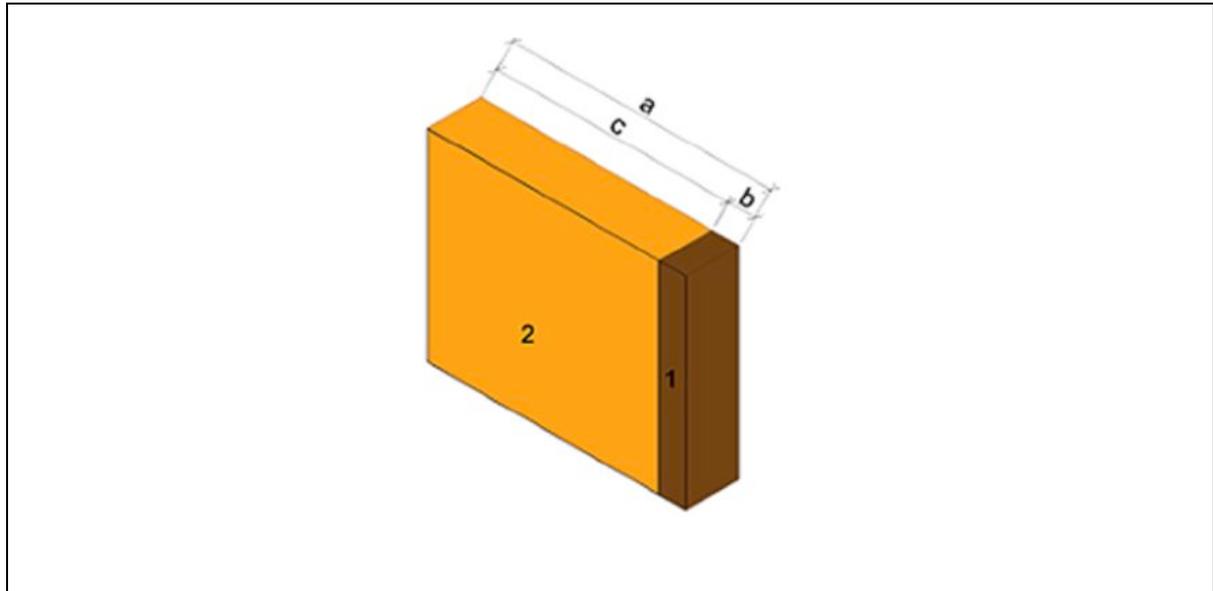
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1000	100,0
1	Fichte/Kiefer	20,00	0,130	0,1538	100,0
2	Fichte/Kiefer	140,00	0,130	1,0769	12,8
3	Mineralfaser_040	120,00	0,040	3,0000	87,2
4	Luft ruhend WärSt.aufw.	20,00	0,125	0,1600	87,2
5	Fichte/Kiefer	24,00	0,130	0,1846	87,2
6	Sandstein	20,00	2,300	0,0087	87,2
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

**NEUBAU: FENSTER ISOLIERGLAS, FESTVERGLASUNG + BALKONTÜRE OG**

Einbauzustand: :	Fenster,Nordost / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,510	0,398	0,75	25,45	10,14	-

## Neubau: Dachflächen

Einbauzustand: :	Dach,Nordost ,30° / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
0,268	3,731	-	12,00	44,79	96,9



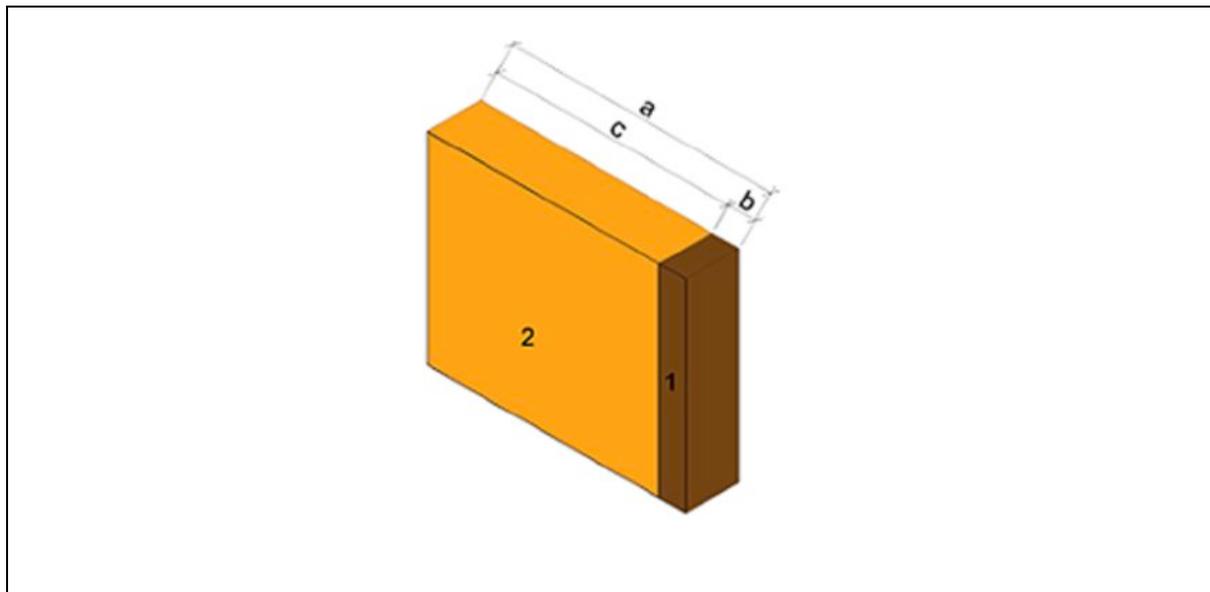
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1000	100,0
1	Fichte/Kiefer	20,00	0,130	0,1538	100,0
2	PE-Folie	0,20	0,230	0,0009	100,0
3	Fichte/Kiefer	220,00	0,130	1,6923	16,0
4	Mineralfaser_035	140,00	0,035	4,0000	84,0
5	Luft ruhend WärSt.aufw.	80,00	0,500	0,1600	100,0
6	Fichte/Kiefer	24,00	0,130	0,1846	100,0
7	Ton-Schieferstein	20,00	2,059	0,0097	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

## NEUBAU: FENSTER SOLIERGLAS, GAUPE DG

Einbauzustand: :	Fenster,Nordost / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,530	0,395	0,75	5,82	2,3	-

**NEUBAU: GAUPENKONSTRUKTION / GAUPENDACHFLÄCHEN**

Einbauzustand: :	Dach, ,45° / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
0,391	2,558	-	0,65	1,65	82,7



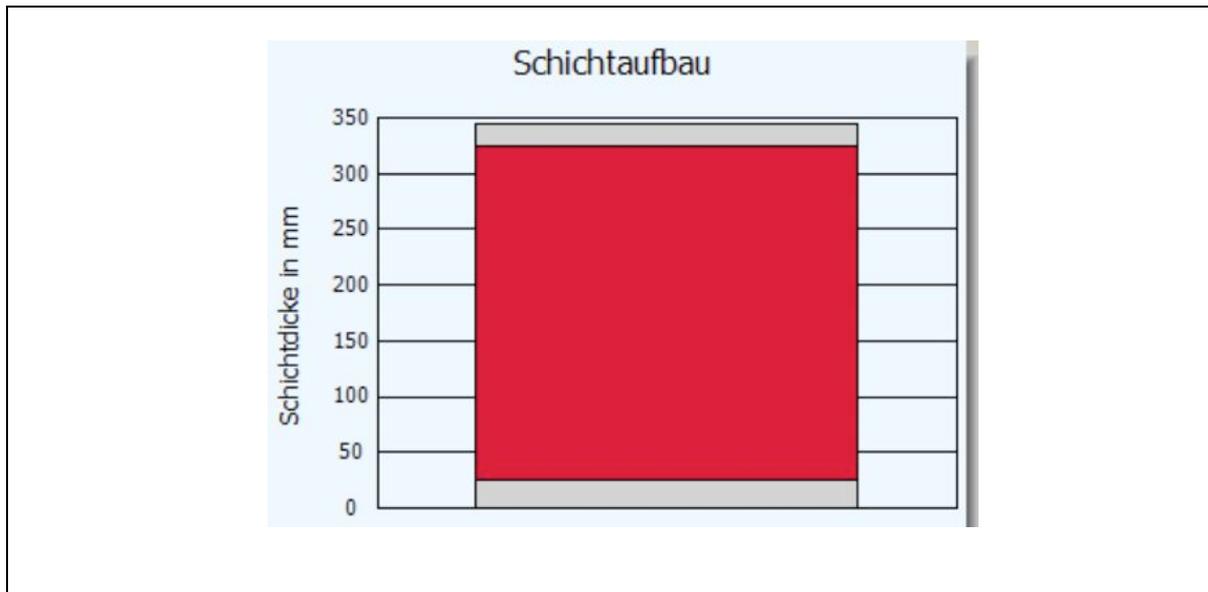
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1000	100,0
1	Fichte/Kiefer	20,00	0,130	0,1538	100,0
2	Fichte/Kiefer	100,00	0,130	0,7692	16,0
3	Mineralfaser_035	100,00	0,035	2,8571	84,0
4	Fichte/Kiefer	24,00	0,130	0,1846	100,0
5	Sandstein	20,00	2,300	0,0087	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

**NEUBAU: FENSTER ISOLIERGLAS, DACHFLÄCHENFENSTER BAD**

Einbauzustand: :	Fenster,Nordost,30° / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,790	0,358	0,75	1,34	0,48	-

**NEUBAU: AUßENWAND OHNE DÄMMUNG**

Einbauzustand: :	Wand,Südwest / gegen Erdreich				
Kommentar:	Tiefer gelegter Sockelbereich Rückseite, gegen Erdreich Hofseite				
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
0,676	1,479	-	3,12	7,7	246,0



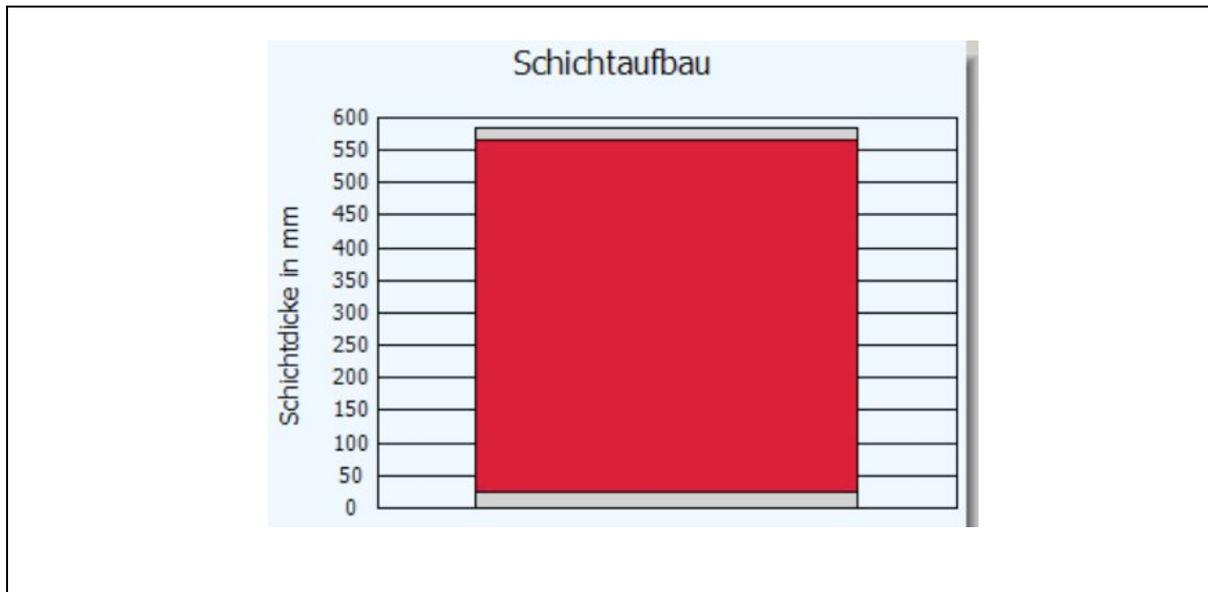
Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz_1800	20,00	1,000	0,0200	100,0
2	Hbl_I_550 mit LM21	300,00	0,230	1,3043	100,0
3	Kalkzementputz_1800	25,00	1,000	0,0250	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0000	100,0

**Neubau: Fenster Isolierglas, Treppenhaus-Dreieck-Festverglasung**

Einbauzustand: :	Fenster,Nordwest / Außenluft				
Kommentar:					
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
2,850	0,351	0,75	1,05	0,37	-

**Neubau: Außenwand ohne Dämmung**

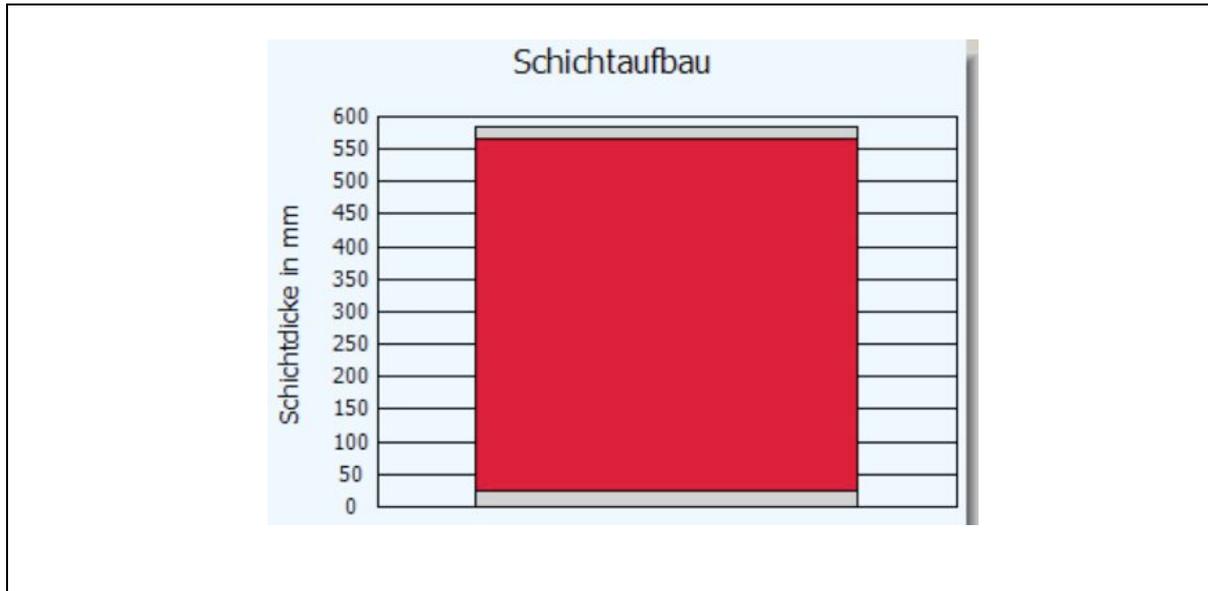
Einbauzustand: :	Wand,Südwest / unbeheizte Räume				
Kommentar:	Außenwand gegen Lagerraum Hofgebäude OG, Hofgebäude mit eigener Gebäudetrennwand				
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
0,377	2,653	-	3,97	21,08	378,0



Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz_1800	20,00	1,000	0,0200	100,0
2	Hbl_I_550 mit LM21	540,00	0,230	2,3478	100,0
3	Kalkzementputz_1800	25,00	1,000	0,0250	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,1300	100,0

**NEUBAU: AUßENWAND OHNE DÄMMUNG**

Einbauzustand: :	Wand,Südwest / ungedämmter Dachraum				
Kommentar:	Außenwand gegen ungedämmten Dachraum Hofgebäude Hofgebäude mit eigener Gebäudetrennwand				
U-Wert W/m <sup>2</sup> K	R-Wert m <sup>2</sup> K/W	g-Wert -	H <sub>T</sub> W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>
0,377	2,653	-	11,07	36,7	378,0



Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz_1800	20,00	1,000	0,0200	100,0
2	Hbl_I_550 mit LM21	540,00	0,230	2,3478	100,0
3	Kalkzementputz_1800	25,00	1,000	0,0250	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,1300	100,0