

Modellsanierungsgutachten für regionaltypische Altbauten des Kreises Mayen-Koblenz

basierend auf dem

Gebäudeenergieberatungsbericht nach BAFA-Standard



Wohnhaus K....str. 18, 56642 Kruft

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

Eigentümer: M. W.
K.....str. 18
56642 Kruft

**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 die Anfertigung des Gutachtens wurde ein vereinfachtes Gebäudeaufmaß angefertigt. Bestandspläne oder eine Hausakte existieren nicht. Die für das Gutachten gezeichneten Pläne sind maßstäblich, geben jedoch 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. Es wurden keine Bauteilöffnungen vorgenommen. Die Schichtenfolge wurde ggf. nach den Aussagen des Eigentümers/Mieters konzipiert.

Die beschriebenen Bauschäden 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.

Inhaltsverzeichnis

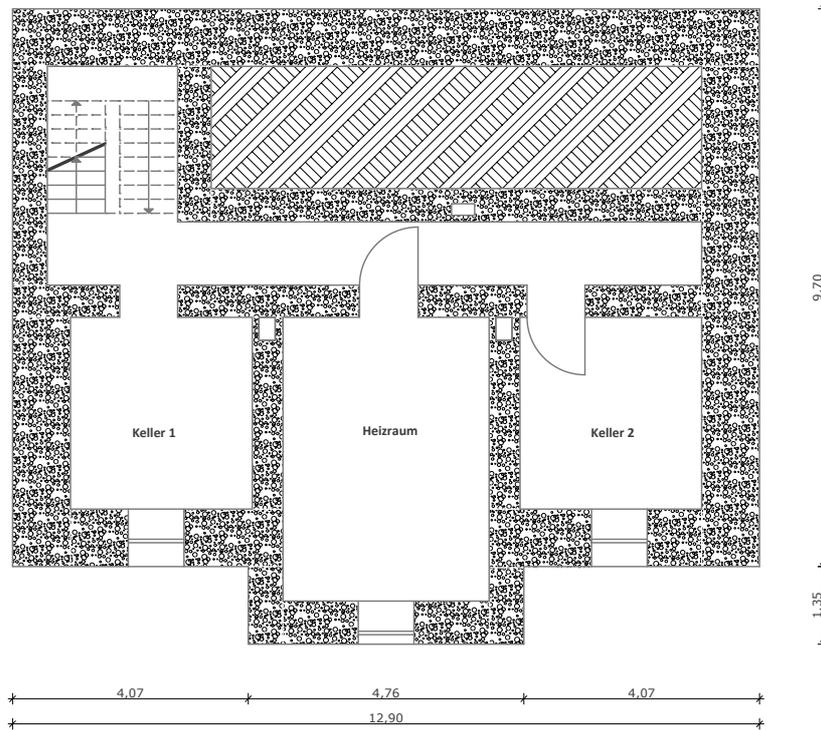
INHALTSVERZEICHNIS	3
BESTANDSZEICHNUNGEN	4-7
BAUDOKUMENTATION	8-14
BESTANDSAUFNAHME + SANIERUNGSEMPFEHLUNGEN	15-20

DIE ENERGETISCHE SANIERUNG

VORBEMERKUNGEN	21
DER IST-ZUSTAND	22
DAS BILANZVERFAHREN DER ENEV	23
DER BERECHNUNGSWEG	24
DIE IST-ANALYSE: BAUTEILE + HEIZUNGSANLAGE	25-28
KLIMA- UND GEBÄUDEDATEN	29-30
GRAFIKEN: ENERGIEBILANZ IST-ZUSTAND.....	31-32

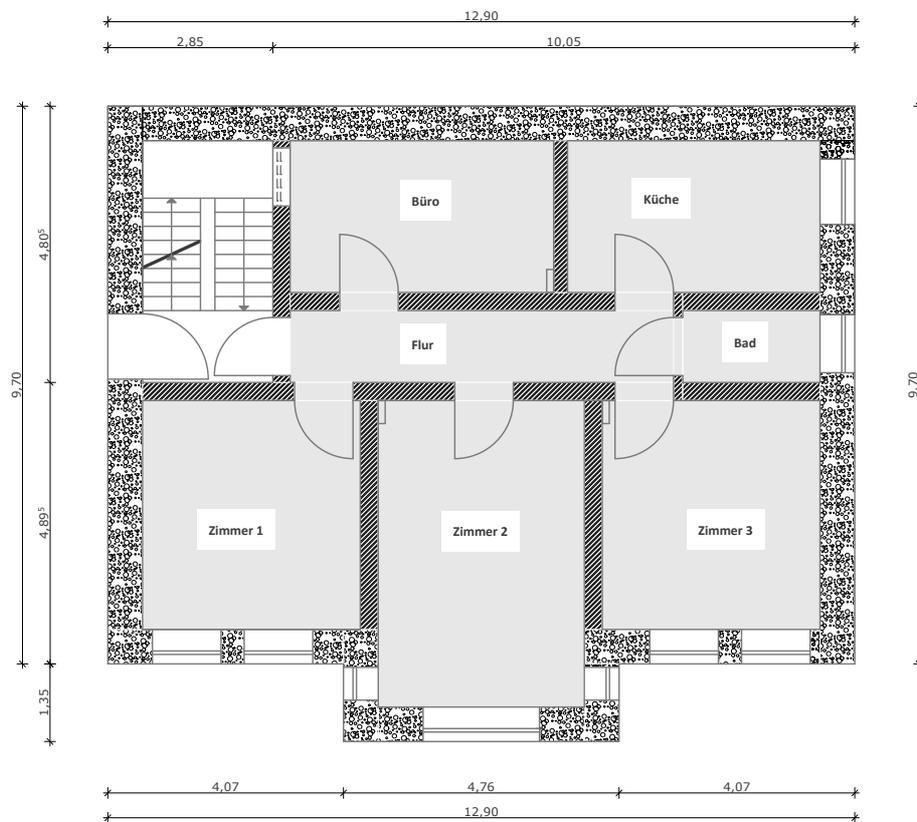
VARIANTEN DER ENERGETISCHEN SANIERUNG

VORBEMERKUNGEN	33-35
KONKRETE VARIANTEN - BERECHNUNGEN	36-49
VARIANTEN IM VERGLEICH - ERGEBNISSE + GRAFIKEN	50-53
WIRTSCHAFTLICHKEIT	54-57
TECHNISCHE ERLÄUTERUNGEN	59-60
SONSTIGE MAßNAHMEN / NACHRÜSTVERPFLICHTUNGEN NACH ENEV	61-66
FÖRDERHINWEISE	67-68
GLOSSAR	69-70
ANHANG: AUFBAU DER BAUTEILE	71-75



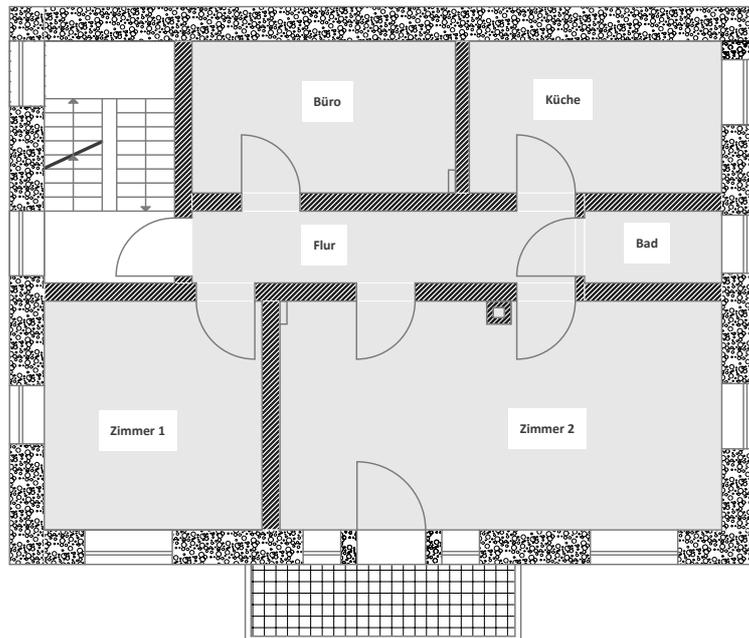
Grundriss KG

M 1:100



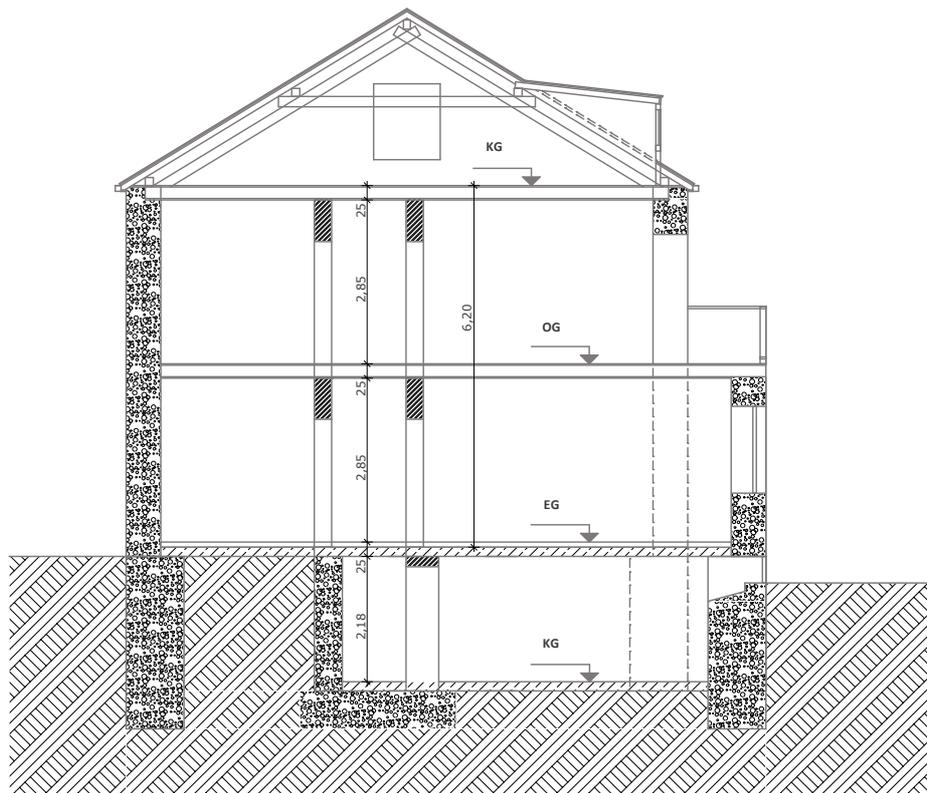
Grundriss EG

M 1:100



Grundriss OG

M 1:100



Prinzipschnitt

M 1:100

1.1 Das Haus – eine Baubeschreibung

Eine Bauakte oder Bestandspläne existieren nicht mehr, als Baujahr wird der Zeitraum zwischen 1890-1900 vermutet. Eine besondere Charakteristik im Ortszusammenhang wird zwar von einigen Anwohnern vermutet, lässt sich aber in der Dorfchronik nicht belegen. Das Haus steht nicht unter Denkmalschutz. Auflagen aus einem Bebauungsplan oder einer Ortsgestaltungssatzung existieren nach Aussage der Gemeindeverwaltung nicht.

Das Haus K....str. 18 wird von den direkten Anwohnern „die Scheune“ genannt. Hinweise darauf finden sich jedoch weder im Grundriss noch in der Fassade nicht. Zudem wäre eine massive Unterkellerung für eine Scheune ungewöhnlich.

Eine andere, wahrscheinlichere ist die der „Trassmühle“, da im heutigen Siedlungsgebiet um die K...str. früher Trassabbau betrieben worden ist und auch heute noch Trass bis einen Meter unter dem Erdreich ansteht.

Diese frühe gewerbliche-industrielle Nutzung wird sich jedoch auf nicht mehr existierende Gebäude des Geländes bezogen haben. Das heutige Wohnhaus in der K...str. lässt auf Grund seiner Grundrissgestaltung, der Erschließung und der Deckenhöhen keinen eindeutigen oder naheliegenden Schluss auf eine gewerbliche Nutzung zu. Es entspricht mit seinem mittigen Erkervorbau und dem Austritt im OG auf dem Vorbaudach eher dem Typus „Fabrikantenvilla“ oder einem Firmensitz. Die Grundrisse der beiden Wohnungen sind jedoch einfach gehalten und lassen keine derartigen Rückschlüsse zu.

Das Haus ist teilunterkellert bis auf einen nicht einsehbaren Bereich, der von der restlichen Grundfläche abgetrennt ist. Hier ist bisher ungeklärt, ob es sich um einen verfüllten und zugemauerten ehemaligen Kellerbereich oder um einen ursprünglichen, nicht unterkellerten Bereich und anstehendes Erdreich handelt.

Nach Aussage eines langjährigen Mieters soll sich hier im II. Weltkrieg eine Art von Gemeindegefängnis befunden haben – eine Aussage, die jedoch vom Ortsbürgermeister nicht bestätigt wird.

Erd- und Obergeschoss sind durch einen mittigen Flur in gleichwertige Hälften geteilt. Die Flurtrennwände bilden die tragenden Mittelwände für die Deckenkonstruktion. Die Wohnungen im EG und OG sind identisch aufgeteilt.

Beide Wohnungen haben einen „gefangenen Raum“ an der Rückseite des Gebäudes: einen nicht belichteten Wohnraum, dessen Fensteröffnungen aus Gründen des Brandschutzes (grenzständige Gebäudeabschlusswand) zugemauert werden mussten. Hier plant der neue Besitzer nach dem Erwerb eines Grundstückstreifens am benachbarten Grundstück den Wiedereinbau neuer Fenster.

Das Dachgeschoss ist nicht ausgebaut; ein Ausbau seitens des neuen Eigentümers ist zunächst nicht geplant und auch wegen der flachen Dachneigung und der Konstruktion des Dachstuhles im Bestand nicht empfehlenswert bzw. statisch nicht möglich. Bemerkenswert ist die über 4m breite Dachgaube auf der Frontseite des Hauses, die auch bei einer Dacherneuerung eine gestalterische Vorgabe sein sollte.

Das Haus ist vom KG-OG massiv aus Mayener Basaltlava gemauert worden. Es zählt somit zu den regionalen „Krotzenhäusern“, die in einem relativ kleinen Verbreitungsgebiet (Laacher-See-Gebiet und Vulkangebiet Dauner Maare) die Eigenart der Landschaft als Baustil repräsentieren.

Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts bis gegen Ende des I. Weltkrieges bediente man sich dieses gut zu bearbeitenden Materials zum Bau privater, öffentlicher und auch sakraler Bauten. Insbesondere nach Ortsbränden, denen bevorzugt die Fachwerkhäuser zum Opfer fielen, entschied man sich für die Basaltlava, so z.B. in Rübenach oder Wassenach.

Wohnhäuser wurden idR. zusätzlich mit aufwendigen Fenster- und Türgewänden, Erkern und Fassadenschmuck aus hellem Tuffstein verziert, der sich wirkungsvoll gegen den dunkelgrauen bis schwarzen „Krotzen“ absetzte.



Beispiel: typisches „Krotzenhaus“/ Kruft



Beispiel: typisches „Krotzenhaus“/ Kruft



Beispiel: typisches „Krotzenhaus“/ Kruft

1.2 Das Material: Basaltlava

Bereits seit Jahrhunderten wird der Eifel-Basalt in großen Mengen in Deutschland und Mitteleuropa im Außen- und Innenbereich von Gebäuden sowie für Straßen- und Wegebefestigungen oder als Grabmalstein eingesetzt.

Der erste große Basaltabbau erfolgte durch die Römer und die Kelten, die das Gestein für den Bau von Fernstraßen in der Eifel verwendeten. Bis gegen Ende des 19. Jhdts. schlugen Steinmetze zudem Mühl- und Reibesteine unterirdisch aus den Basaltgängen und exportierten sie in den gesamten europäischen Handelsraum.

Basaltlava aus Niedermendig, Mayen, Hannebach und anderen Eifelbrüchen wurde vor 1830 für besonders beanspruchte Bauteile verwendet. Beim Bau des Kölner Doms kam er zum Einsatz, wenn auch dort später nur in Bereichen, die öffentlich nicht einzusehen waren, da er sich im Alter tiefschwarz färbte, was man als nachteilig empfand.

Fundamente und der Sockelbereich wurden bevorzugt aus dem harten und frostbeständigen Gestein erstellt. Die große Dichte des Materials und die sich daraus ergebende geringe kapillare Leitfähigkeit für aufsteigende Feuchtigkeit machen es zu einem geeigneten Baustoff für den erdberührten und feuchtebeanspruchten Bereich eines Bauwerkes.

Kennzeichnend für eine regionaltypische Architektur ist die Verwendung von Materialien, die sich an Ort und Stelle unaufwendig gewinnen und bearbeiten lassen. Die Region Mayen-Koblenz ist geprägt von der schwarzen Basaltlava, die den Häusern und ganzen Ortschaften ein charakteristisches dunkles Erscheinungsbild verleiht.

Das basaltische Gestein wurde sowohl scharfkantig gebrochen vermauert, manchmal auch in der typisch sechseckigen Form der langsam erstarrten Basaltlava, als auch in der knollig-kugeligen Form der schnell erkalteten und sehr porösen Gesteinsschmelze, die bis zu 30% Luftporen enthält.

Besonders die Mayener Lava zeichnet sich durch einen hohen und gleichmäßig verteilten Gehalt an Luftporen aus. Diese Eigenart verringert ihr spezifisches Gewicht und ihren Wärmeleitwert und sorgt für einen relativ hohen Wärmedämmwert des Gesteines.

Der Eifelbasalt wird bis heute zusammen mit den Lockergesteinen Tuff, Bims und Trass abgebaut und zu Baustoffen bzw. hochwertigem Baumaterial für den Innen- und Außenbereich weiterverarbeitet



Schnitt durch einen Bohrkern: porige Basaltlava

Das Wohnhaus

entspricht in seiner schlichten Art, mit der Lochfassade und den für die damaligen Krotzenhäusern (Grundfläche als Standardhaus 8,00m x 8,00m) nicht üblichen Außenabmessungen von 9,70m x 12,9m nicht dem Typus eines Wohnhauses.



Ansicht NO-Seite



Ansicht NW-Seite (Rückseite)

1.3 Die Konstruktion des Hauses

KG-OG sind massiv aus Mayener Basaltlava gemauert; im KG mit bis zu 90cm starken Wänden, im EG und OG mit 60cm Wandstärke und Außenputz. In den Giebelflächen geht die Wandstärke auf 50cm zurück.

Der Boden des KG gegen Erdreich besteht aus altem Betonestrich in gutem Zustand. Die Decke über dem KG (Boden des EG) ist als –wahrscheinlich unbewehrte- glatte Stahlträgerdecke mit ausbetonierten Feldern ausgeführt worden.

Die gleiche Decke wird zwischen EG/IG vermutet, konnte aber bisher noch nicht nachgewiesen werden, da die Wohnung im EG zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme noch vermietet gewesen ist. Die Existenz einer solchen Decke über dem EG wäre ein Hinweis auf eine gewerbliche Nutzung.

Die Decke über dem OG ist eine Holzbalkendecke, die mit ca. 20cm Balkenhöhe und max. 4m Spannweite für damalige Verhältnisse recht kräftig bemessen ist. Auch dies könnte ein Hinweis auf den Dachraum als ehemaliger Lagerraum für schwerere Güter sein.

Der Dachstuhl ist eine Kombination aus Sparren- und Pfettendach, die auch eher im landwirtschaftlichen Bereich z.B. im Scheunenbau üblich gewesen ist: 3 Sparrenpaare bilden mit dem jeweils dazugehörigen Deckenbalken ein Dreieck (Bindersparren), das durch eine Kehlbalkenzange (UK = 1,50 über OK DG) ausgesteift wird.

Die Firstpfette ist zwischen die gekreuzten, überstehenden Bindersparren eingelegt worden und trägt die leichteren Dachsparren der Dacheindeckung. Auf Höhe der Kehlbalkenzange ist eine Mittelpfette zu beiden Seiten aufgelegt worden, die den Einbau einer über 4m breiten Dachgaube zur Gartenseite erlaubt. Die Dacheindeckung besteht aus einer alten sägerauen Schalung und Schiefereindeckung.

Diese Dachkonstruktion ermöglichte den Bau eines stützenfreien Dachraums (Vorteil des Sparrendachs) mit ausreichender Belichtung über eine breite Dachgaube (Vorteil des Pfettendachs). Die geringe Dachneigung von knapp über 30° und die statisch notwendige Kehlbalkenzange weit unterhalb der Durchgangshöhe machen einen Dachausbau im Bestand wenig wahrscheinlich. Hier ist eher eine komplett neue Dachkonstruktion mit einer Neigung von mindestens 45° die Voraussetzung.

1.4 Die Bauaufnahme – der Bestand

Das Wohnhaus ist ein solide gemauerter Altbau in gutem Erhaltungszustand. Alters- und konstruktionsbedingt gibt es hier eine Feuchteproblematik auf Grund fehlender Horizontal- und Vertikalabdichtung im Keller- und im Sockelbereich des Erdgeschosses.

Im Kellergeschoss sind Salzausblühungen an der Innenseite der Aussen- und den Innenwänden in einer Höhe von 10-100cm über OKFFB festzustellen. In diesem Bereich ist der Putz abgeplatzt bzw. hohl liegend und ein deutlicher Feuchtehorizont als Oberkante der Verdunstungszone ist zu erkennen.



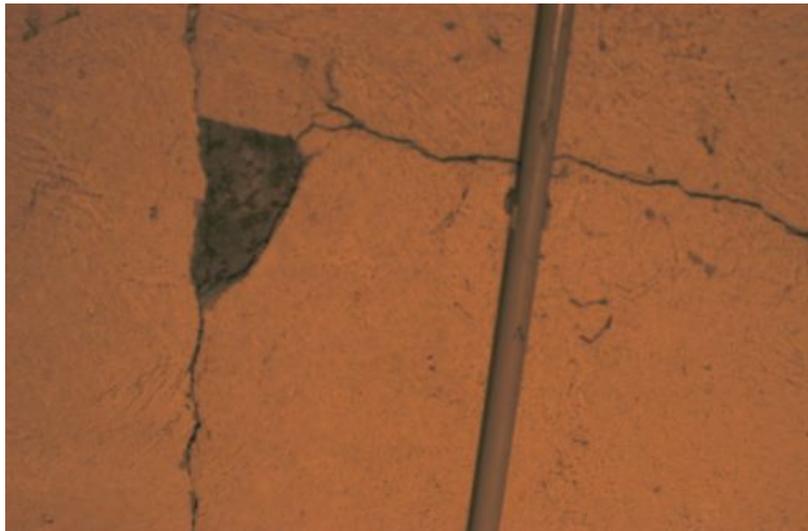
kapillar aufsteigende Baufeuchte / Salzausblühungen Keller 2

Diese Oberkante liegt um so höher, je nachdrücklicher versucht worden ist, mit einem neuen Putz / Sperrputz / einer Dichtschlämme diese Feuchtebelastung zu bekämpfen. Dies in besonderem Umfang im mittleren Kellerraum (Heizraum), der sich unter dem vorgebauten Erkerzimmer im EG befindet und in etwa in diesem Bereich starke Feuchteschäden und unsachgemäße Putzanierungen zeigt



kapillar aufsteigende Baufeuchte / Salzausblühungen Keller 2

An der Kellerdecke (Stahlträgerdecke mit ausbetonierten Feldern) sind stärkere Korrosionsspuren an den Stahlträgern zu sehen, zudem breitere und längere Risse im Deckenputz, der flächig hohl liegt.



Im Erdgeschoss ist, nach der Beschreibung des langjährigen Mieters im EG bei der letzten Sanierung / Modernisierung des Hauses in den 80er Jahren durch den damaligen Vorbesitzer massive versucht worden, den Sockelbereich und die Außenwände des EG gegen (aufsteigende) Feuchtigkeit abzusperren.

Hier soll mindestens mit einem Sperrputz, eventuell auch mit einer mineralischen Dichtschlämme (falls zu dieser Zeit üblich) ggf. geschosshoch die gesamte Außenwand des EG von außen und eventuell auch von innen verputzt worden sein.



Sperrputz auf der Außenwand

Zusätzlich sind die Innenseiten der Giebelwände im EG im Bereich der vorderen Wohnräume (Schlafzimmer + TV-Zimmer) mit GKB-Vorsatzschalen als nicht hinterlüftete Konstruktion verkleidet worden, da sich hier (vor oder auch nach der „Putzsanierung“) eine weiterhin erhöhte Feuchtebelastung zeigte.

In der Küche und dem nicht belichteten Werk- und Hauswirtschaftsraum an der Gebäuderückseite (ohne Fenster in der grenzständigen Gebäudeabschlusswand) ist eine einfache mechanische Lüftungsanlage mit Anschluss an die Außenwand installiert worden. Sie soll, angeblich mit einem Wärmetauscher ausgestattet, die fehlende Querlüftung ersetzen.

An der Rückwand des Hauswirtschaftsraumes ist im Bereich der ehemaligen Fensteröffnung ein Feuchteintrag zusehen, der die Kontur des Fensters nachbildet.

Im Obergeschoss das sich bereits im Umbauzustand befindet, sind keine besonderen baulichen Auffälligkeiten zu bemerken. Das Geschoss befindet sich im Rohbauzustand; die Unterseite der Decke (Raumhöhe ca. 2,85m gegenüber ca. 2,70m im EG –vermutlich eine abgehängte Decke-) wird noch den alten Putz mit Pliesterlatten tragen. Der Raum zwischen den Deckenbalken wird noch mit dem alten Deckeneinschub (Lehmschüttung) und einem Blindboden verfüllt sein.

Das Dachgeschoss befindet sich, nach Inaugenscheinnahme, in gutem Erhaltungszustand, bezogen auf das Dachtragwerk. Die Dacheindeckung aus sägerauen Schalbrettern und Schieferdeckung ist jedoch schadhaf und lässt an mindestens einer Stelle Regenwasser eindringen (rechte Wange der Dachgaube). Die Dachsparren der Dachhaut sind unterdimensioniert; die Konstruktion der Dachgaube marode. Die 3 Kaminzüge ab OK Dielung sind brüchig und versotet .

1.5 Die Bauaufnahme – Sanierungsempfehlung

Im Kellergeschoss sind vordringlich alle alten Putzausbesserungen mit ungeeigneten zementären Putzen und Sperrputzen zu entfernen. Auskristallisierte Salze müssen abgebürstet und loses Fugenmaterial entfernt und ausgekratzt werden.

Die Kellerräume sollten weiterhin nur einem untergeordnetem Zweck dienen, auch das Einlagern von organischem Material (Holz + Holzwerkstoffe, Teppiche, Möbel) ist zu vermeiden bzw. nur gut und allseits belüftet zu raten, um Feuchtestau und Schimmelbildung zu vermeiden. Dies bezieht sich insbesondere auf das Pellet-Sacksilo, das aber bereits in diesem Sinne im mittleren Kellerraum aufgestellt worden ist

Die beschriebene Feuchte- und Salzbelastung im unteren Bereich der Wände ist m.E. eine kapillar aufsteigende Mauerwerksfeuchte in normalem Umfang, die aber durch den absperrende Putze gezwungen wird, höher zu steigen, bis sie im relativ diffusionsoffenen Altputz Gelegenheit zur Verdunstung findet.

Eine nachträgliche vertikale Abdichtung von außen bzw. der Einbau einer horizontalen Abdichtung (Mauerwerkssperrbahn o.v.) scheidet aus Kostengründen aus und ist auch wegen der Bodenbeschaffenheit (wahrscheinlich gut durchlässiger Tuff) nicht wirklich notwendig.

Belastungen aus drückendem Wasser (Sickerwasser, Schichtenwasser oder Grundwasser) sind auf Grund der geologischen und hydrologischen Gegebenheiten und der Lage des Gebäudes nicht zu erwarten. Trotzdem sollte der Bemessungswasserstand (höchster gemessener Grundwasserstand) und der Kf-Wert des Bodens (Wasserdurchlässigkeitsbeiwert) in Erfahrung gebracht werden. Daraus leitet sich u. U. die Anforderung nach einer Drainage ab (wenig wahrscheinlich).

Die Kellerräume sollten vom Altputz befreit werden und austrocknen bis zur nachgeprüften Ausgleichsfeuchte. Danach kann mit einem geeigneten diffusionsoffenen Sanierputz auf Kalkbasis mit hohem Porenanteil neu verputzt werden. Durch den hohen Porenanteil können die Salze eingelagert werden, ohne durch den Kristallisationsdruck den Putz abzusprengen.

Es kann interessant sein, die im Mauerwerk enthaltenen Salze analysieren zu lassen. Nitrate wären ein Hinweis auf Belastungen aus ehemaliger Viehhaltung (Fäkalien/Urin/Schlachtung) ggf. auch aus menschlichen Abwässern (Latrine/Sickergrube).

Dieser Putz muss ggf. nach einigen Jahren im salzbelasteten Bereich entfernt und neu aufgebracht werden, als sog. „Opferputz“ wenn er salzgesättigt ist. Es empfiehlt sich, beim ersten Putzauftrag in der entsprechenden Höhe eine Putzschiene als Sollbruchstelle einzubauen.

Der alte Deckenputz sollte ebenfalls komplett entfernt, die Stahlträger entrostet und mit einem Rostschutzanstrich versehen werden. Im Bereich der Wandaufleger sollten die Deckenträger auf stärkere Korrosionsschäden hin untersucht werden. Auch bleibt zu überprüfen, ob die Putzschäden im Decken- und Wandbereich durch Kondensatausfall der Raumluftfeuchte entstanden sind. Hier ist oftmals nicht ausreichendes (fehlende Querlüftung) oder Lüften zum falschen Zeitpunkt (Sommer) die Schadensursache

Im Erdgeschoss besteht im Zusammenhang mit den vermuteten Sperrputzen auf der Außen- und der Innenseite der Außenwände Handlungsbedarf. Sollte dieser Putzauftrag tatsächlich vorhanden sein, muss er entfernt werden, da er wie im Kellergeschoss, die vorhandene Mauerwerksfeuchte hochtreibt bis zur nächsten möglichen Verdunstungszone.

Die GKB-Vorsatzschalen in den im Schlaf- und TV-Zimmer sind ebenfalls zurückzubauen. Nicht hinterlüftete Hohlräume an feuchten Innenwandflächen sind stark schimmelgefährdet. Die Vorsatzschale wird montiert worden sein, nachdem der Sperrputz außen die vorhandene Feuchtigkeit nach innen getrieben hat. Sollte auch auf der Innenseite ein Sperrputz verwendet worden sein, muss dieser ebenfalls abgeschlagen werden.

Als neuer Innenputz empfiehlt sich ein hoch-diffusionsoffener mineralischer Putz auf Kalkbasis. Auf Lehmputze sollte verzichtet werden, solange mit kapillarer Restfeuchte im Mauerwerk gerechnet werden muss.

Der Sockelbereich außen ist mit einem diffusionsoffenen Sockelputz der Putzmörtelgruppe PIII oder ggf. besser PII mit verminderter Mindestdruckfestigkeit von 5 N/mm², wenn für die Basaltlava eine Steifigkeitsklasse < 6 gelten sollte. Hier können hochfeste Sockelputze zu Abrissen führen.

Die Ausführungsdetails für die Sanierung des Sockelbereiches sollten erst nach Freilegung der Aussenwand auch unterhalb der Geländeoberfläche, der Begutachtung der Rohdecke im EG innen auf möglichen Feuchteintrag und der Überprüfung der Stahlträgerdecke im Auflagerbereich erfolgen. Eventuell sind zusätzliche, partielle Abdichtungs- und Dämmmaßnahmen außen mit einzubeziehen, wenn mit erhöhtem Feuchteintrag in die Rohdecke aus Spritzwasserbelastung im Sockelbereich zu rechnen ist.

Der Fassadenputz ist vom Sockelputz durch ein Profil zu trennen. Bei der Sanierung des Fassadenputzes von über 10% der zugehörigen Fläche greift die Verordnung der EneV mit der Forderung nach einer Fassadendämmung unter Berücksichtigung der festgelegten Wärmedurchgangskoeffizienten (§9/1 EnEV).

Der Stahlträger-Betondecke des EG sollte bei einer Sanierung auf Feuchtebelastungen im Auflagerbereich hin untersucht werden. Insbesondere im nicht unterkellerten Teil des Grundrisses ist auch mit flächigen Durchfeuchtungen bei fehlender oder nicht mehr intakter Bauwerksabdichtung zu rechnen. Hier muss ggf. bei einer Sanierung des Bodens eine neue Bauwerksabdichtung der Bodenplatte/der Kellerdecke bis über den Sockelbereich innen eingebaut werden.

Wärmebrücken sind Teile der Konstruktion die sich durch eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit auszeichnen bzw. durch einen hohen Wärmedurchgangswert (U-Wert). An diesen Wärmebrücken ist die Oberflächentemperatur auf der Bauteilinnenseite ggf. so niedrig, das es zu Kondensatausfall und Schimmelbildung kommen kann.

Als Wärmebrücken am Haus müssen folgende Bauteile bezeichnet und besonders beachtet werden:

- **Das Betondach der Eingangsüberdachung.** Es liegt zwar nicht im Bereich der wärmeübertragenden Außenflächen (ungeheiztes Treppenhaus), weist aber bereits Bauschäden aus fehlerhafter Abdichtung auf und ist bei einer energetischen Sanierung der Fassade rückzubauen.

- **Die Stahlträger-Betondecken:** sollten im Bereich der Auflager im Mauerwerk überprüft werden auf Feuchteintrag und Korrosionsschäden aus kapillar aufsteigender Feuchte (EG) bzw. Kondensatausfall (EG + OG). Die Stärke der Vormauerung sollte in Erfahrung gebracht werden.

Sollte keine energetische Fassadensanierung durchgeführt werden sind die Betondecken, insbesondere über dem EG (falls vorhanden) mit einer unterseitigen Wärmedämmung (CaSi-Platten) bis 50cm in den Raum hinein als Dämmkeil zu bekleiden.

- **Die Betondecke über dem Erkerzimmer EG.** Hier zeigen die nachfolgenden Berechnungen eine Unterschreitung der Taupunkttemperatur. Der Zustand des Bauteiles und eventuell bereits vorhandene Schimmelbildung kann nur nach dem Entfernen der abgehängten Decke beurteilt werden.



Betondecke über EG-Erker

2. 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 (dynamischen) Amortisationszeitraum von 15-20 Jahren rechnen lassen, wenn die aktuellen Zinssätze, Energiekosten, Lohn- und Materialkosten zugrunde gelegt werden. Zuschüsse, zinsbegünstigte Kredite und Eigenleistungen sind hierbei nicht berücksichtigt.

Neben dem reinen Effekt der Energieeinsparung hat die energetische Sanierung jedoch auch den Hintergrund, die Wohnqualität zu erhöhen und die Bausubstanz zu erhalten. Wärmebrücken in der Konstruktion sollen entschärft werden und damit die Gefahr vermindert, 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. Eine Innendämmung macht 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.

2.1 Die Ausgangssituation – der IST-Zustand

218,15 kWh/m²a ist der spezifischen Heizwärmebedarf des Gebäudes in seiner jetzigen Form. Es entspricht damit dem Energiestandard freistehender Wohnhäuser vor 1900. Vorteilhaft ist hier der relativ niedrige Wärmeleitwert der Basaltlava von 0,55 (W/ mK)

325,95 kWh/m²a ist der spezifische Energiebedarf - incl. Warmwassererwärmung und Verlusten des Heizungssystems.

364,02 kWh/m²a. ist der spezifische Primärenergiebedarf, der die Verluste zusätzlich berücksichtigt, die durch vorgelagerte Prozesse wie z.B. Energieerzeugung bzw. –umwandlung entstehen.

Zum Vergleich:

50 kWh/m²a 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

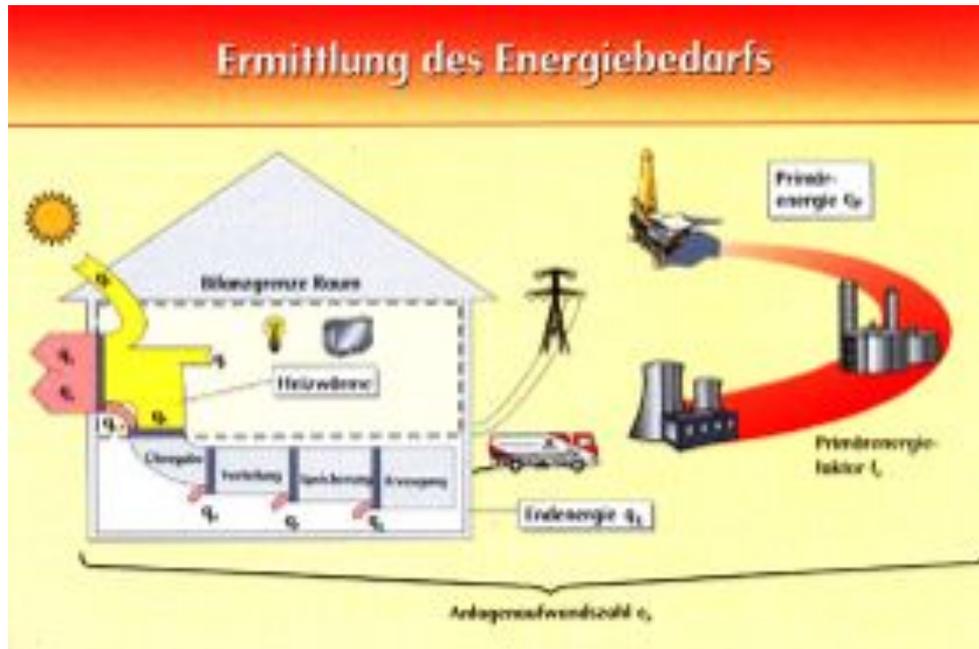
Eine wesentliche Kenngröße der heutigen energetischen Bewertung von Neubauten und Bestandsgebäuden ist der Primärenergiebedarf eines Gebäudes. Die Primärenergie berücksichtigt alle unterschiedlichen Prozessketten bei der Energieumwandlung und den Hilfsenergiebedarf, der zum Beispiel zum Betrieb von Heizungs-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

P.	Bauteil	Einbauzustand	Zusatz	U-Wert W/m ² K	max. U-Wert EnEV W/m ² K	max. U-Wert Passivh. W/m ² K	Fläche m ²	Fxi	H _T W/K	Konstruktion
1	Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte		2,435	0,3	0,12	44,04	0,5	48,26	Bodenaufbau Kruft
2	Grundfläche	Kellerdecke		1,722	0,3	0,12	77,4	0,7	93,30	Bodenaufbau Kruft
3	Wand,Nordwest	Außenluft	Aussenwand NW	0,800	0,24	0,15	62,93	1,0	50,34	AW Kruft
4	Wand,Nordost	Außenluft	Aussenwand NO	0,800	0,24	0,15	56,65	1,0	45,32	AW Kruft
5	Fenster,Nordost	Außenluft	Fenster NO	2,600	1,3	0,80	7,95	1,0	20,67	Isolierglas_Fenster
6	Wand,Südost	Außenluft	Aussenwand NO	0,800	0,24	0,15	59,39	1,0	47,51	AW Kruft
7	Fenster,Südost	Außenluft	Fenster SO	2,600	1,3	0,80	20,59	1,0	53,53	Isolierglas_Fenster
8	Wand,Südwest	Außenluft	Aussenwand NO	0,800	0,24	0,15	33,28	1,0	26,62	AW Kruft
9	Fenster,Südwest	Außenluft	Fenster SW	2,600	1,3	0,80	1,56	1,0	4,06	Isolierglas_Fenster
10	Fenster,ohne Ausrichtung	unbeheizte Räume	Fenster TRH EG	2,600	keine Vorgabe	0,80	1,15	0,5	1,50	Isolierglas_Fenster
11	Wand,ohne Ausrichtung	unbeheizte Räume	TRH-Wand	1,196	0,3	0,15	35,41	0,5	21,18	Treppenhauswand_Zieg
12	Dach,horizontal	Außenluft	Flachdach Erker	3,401	0,24	0,10	6,48	1,0	22,04	Betonflachdach o.Dä.
13	Deckenfläche	ungedämmter Dachraum oberhalb	Decke über OG	1,247	0,24	0,12	111,93	0,8	111,66	Kruft Decke OG-DG
14	Tür,ohne Ausrichtung	unbeheizte Räume	WHG-Eingang TRH	2,200	keine Vorgabe	0,12	5,36	0,5	5,90	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 Decke (Fertigfußboden) über dem OG (OKFF), die Außenkante der Außenmauerwerks bzw. die Außenkante der Wohnungstrennwände zum Treppenhaus (TRH).

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

- **Decke zwischen KG/EG (unterkellert):** resultierender U-Wert: **2,435 W/m²K**
angenommener Aufbau (von oben nach unten): Laminat / TSD 2mm / Verbundestrich 35m
Stahlträgerdecke mit ausbetonierten Feldern, 160mm
Oberflächentemperatur Fußboden: 14,7° (Außentemperatur 5°)

- **Decke zwischen KG/EG (nicht unterkellert):** resultierender U-Wert: **1,722 W/m²K**
angenommener Aufbau (von oben nach unten): Laminat / TSD 2mm / Verbundestrich 35m
Stahlträgerdecke mit ausbetonierten Feldern, 160mm
Oberflächentemperatur Fußboden: 11,96° (Außentemperatur 5°)

- **Außenwand** resultierender U-Wert: **0,80 W/m²K**
angenommener Aufbau (von innen nach außen): Kalk-Zementputz 15mm / Basalt-Schaumlava 600mm (85%)
Kalk-Zement-Mörtel 15% / Kalk-Zement-Außenputz 25mm
Oberflächentemperatur Wand innen: 16,32° (Außentemperatur -10°)

- **Wohnungstrennwand (Treppenhaus)** resultierender U-Wert: **1,2 W/m²K**
angenommener Aufbau (von innen nach außen): Kalk-Zementputz 15mm / Ziegelmauerwerk 240mm
Kalk-Zementputz 15mm
Oberflächentemperatur Wand innen: 18,9° (TRH-Temperatur ungeheizt 15°)

- **Holzbalkendecke über OG** resultierender U-Wert: **1,25 W/m²K**
angenommener Aufbau (von unten nach oben): Kalk-Zementputz 15mm auf Lattung / Holzbalken 200mm /
Fehlboden + Einschub 100mm / Luft 100mm / Dielen24mm
Oberflächentemperatur Decke von unten: 15,8° (ungedämmter Dachraum – 5°)

- **Flachdach Vorbau (Erkerzimmer EG)** resultierender U-Wert: **3,4 w/m²K**
angenommener Aufbau (von unten nach oben): Kalk-Zementputz 10mm / Betondecke 160mm /
(nicht berücksichtigt: abgehängte Decke EG) Dachabdichtung 8mm
Oberflächentemperatur Decke innen: 8° (Außentemperatur -10°)
Taupunktunterschreitung bei: 9,21° (20° Raumtemperatur / 50% Luftfeuchte)

Warmwasseranlage 1

Erzeuger

Nutzfläche An:	202,00	m ²
Baujahr :	1982	
Leistung:	31	kW
Wärmeerzeugertyp:	Standard-Heizkessel: Gebläsekessel (Öl/Gas), < 1995	
Brennstoffart:	Heizöl	
Primärenergiefaktor:	1,10	
Aufwandszahl:	1,573	
Hilfsenergiebedarf:	0,21	kWh/(m ² a)
mittlere Kesseltemp.:	70,00	°C
Bereitschaftsverluste bei 70°:	2,59	%
Bereitschaftsverluste:	2,59	%
Kesselwirkungsgrad:	85,48	%

Speicherung

Speichertyp:		
Speicher-Nenninhalt:	0	l
Bereitschaftsverluste:	0	kWh/d
spezif. Wärmebedarf:	0,00	kWh/(m ² a)
Hilfsenergiebedarf:	0,00	kWh/(m ² a)
Heizwärmegutschrift:	0,00	kWh/(m ² a)

Verteilung ohne Zirkulation

horizontale Verteilung:	innerhalb / mäßig gedämmt	
Strangleitung:	innerhalb / mäßig gedämmt	
Stichleitung:	Standardanordnung / ungedämmt	
spezif. Wärmebedarf:	15,15	kWh/(m ² a)
Hilfsenergiebedarf:	0,00	kWh/(m ² a)
Heizwärmegutschrift:	9,14	kWh/(m ² a)

Länge	fa	U-Wert
15	0,15	0,40
7,7	0,48	0,40
15,2	0,10	1,40

2.6 Allgemeine Daten

Übersicht der allgemeinen Daten

Haustyp	Altbau, EnEV 140% Regel
Standort	56642 Kruft
Straße	Kondstr. 18
Baujahr	1890-1900
Bezugsfläche	202 m ²
Beheizte Volumen	715 m ³
Lüftung	Natürliche Lüftung
Maßbezug	Außenmaße 12,90 x 9,70 x 6,20
Wärmebrücken	Betonvordach Eingangsbereich / Auflager Betondecke Mauerwerk / Betondecke über Erker EG
Anzahl der Bewohner	3-5

Das beheizte Volumen wurde gemäß Energieeinsparverordnung unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt. Dadurch werden geometrisch bedingte Wärmebrücken (Hausecken etc.) mit berücksichtigt.

2.7 Klimadaten

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

Höhe	- m
Heiztage	248 d/a
mittl. Außentemperatur	8,9 °C
tiefste Außentemperatur	-12 °C
Innentemperatur	20 °C
mittlere Gradtagszahl	3288,3 d °C/a

3. Energiebilanz des bestehenden Gebäudes

3.1. Energiebedarf Energiebilanz des bestehenden Gebäudes

Im Folgenden werden alle Energieverluste und Gewinne des Gebäudes dargestellt.

Energiebilanz des Gebäudes

Transmissionsverluste	52.241,36 kWh/a
Lüftungsverluste	11.175,87 kWh/a
Heizungsverluste	12.252,84 kWh/a
Warmwasser Nutzwärmebedarf	2.525,00 kWh/a
Warmwassererwärmung Verluste	6.260,68 kWh/a
Summe Verluste	84.455,75 kWh/a
solare Gewinne	6.218,37 kWh/a
interne Gewinne	6.883,55 kWh/a
Nachtabsenkung	5.311,74 kWh/a
zugeführte Heizenergie	56.319,30 kWh/a
zugeführte Energie Warmwassererwärmung	8.785,68 kWh/a
Summe Gewinne	84.455,75 kWh/a

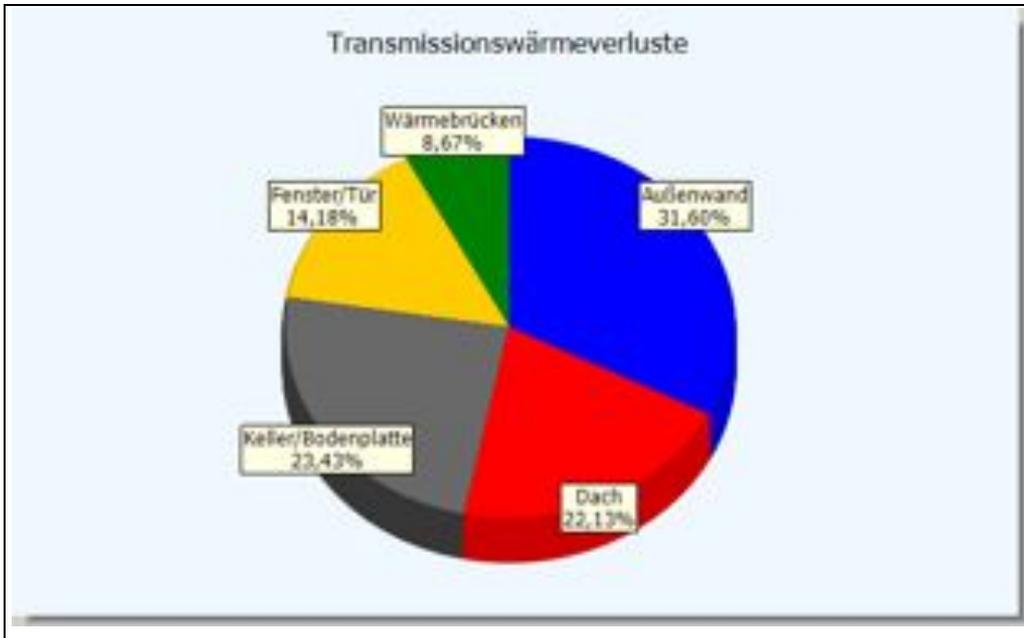
Aus den zuvor genannten Werten lassen sich folgende spezifischen Kennzahlen ermitteln:

Tabelle 5:

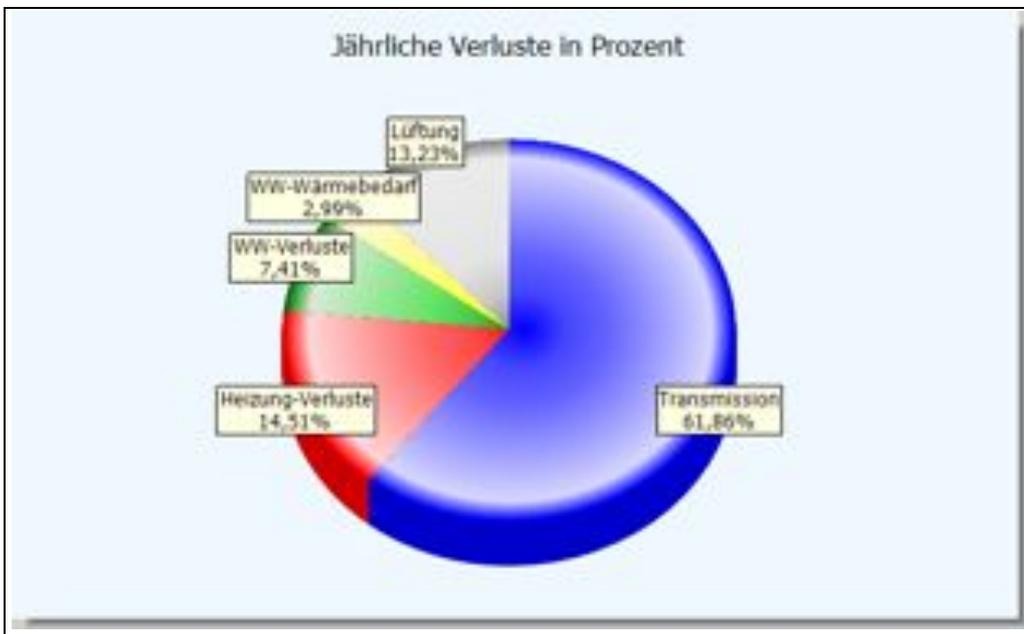
Heizwärmebedarf	44.066,46 kWh/a
Endenergiebedarf	65.842,28 kWh/a
Primärenergiebedarf	73.532,45 kWh/a
Aufwandszahl, primärenergiebezogen	1,58 -

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

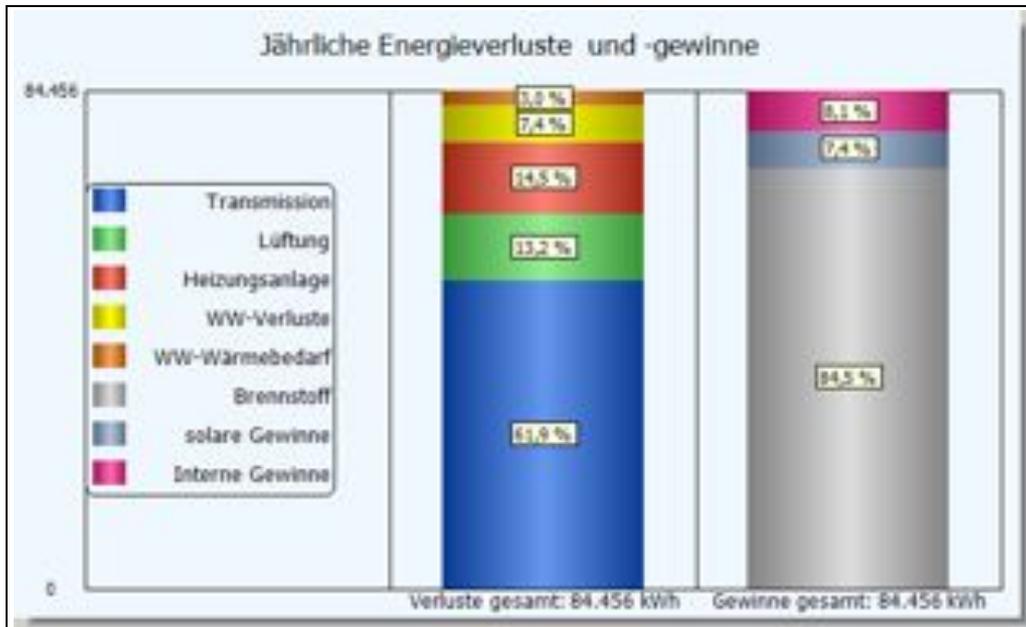
prozentuale Verteilung der Transmissionsverluste



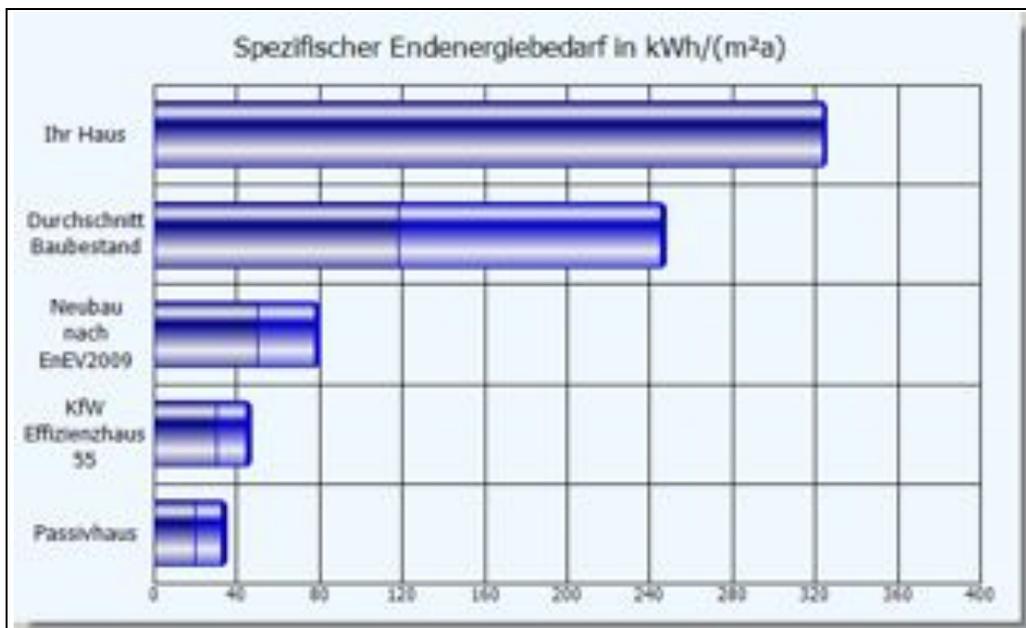
prozentuale Verteilung der gesamten Verluste



Jährliche Energieverluste und Gewinne



Vergleich des Endenergiebedarfs



3.2 Vergleich des tatsächlichen Energiebedarfs mit dem rechnerisch Ermittelten

65105,0 kWh/a ist der theoretisch ermittelte Endenergiebedarf beträgt für die Raumheizung mit Warmwasserbereitung.

Ein Vergleich mit den tatsächlichen Energiekosten und dem realen Verbrauch kann nicht erbracht werden, da dazu keine Angaben von Seiten des neuen Eigentümers über den Vorbesitzer vorliegen. Auch der Mieter der Wohnung im EG konnte keine Energieverbrauchsrechnung aus der Zeit vor dem Eigentümerwechsel nachweisen.

Das Nutzerverhalten der neuen Eigentümer bzw. der zukünftigen Mieter kann noch nicht beschrieben werden, wie auch die Anzahl der Nutzer im Haus nach dem Umbau noch nicht feststeht.

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, Zufahrtsbreiten (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/geklemmt 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 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.

Die oberste Geschossdecke lässt sich relativ unaufwendig dämmen. 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.

4.4 Dämmung der Kellerdecke

Die Dämmung der Kellerdecke von unten empfiehlt sich, wenn eine Kellersanierung ansteht und die Leitungsführung der Heizungs-, Wasser-, Entwässerungs und Elektroleitungen generell verändert bzw. 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.

4.5 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.

4.6 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.

4.7 Regenerative Energieerzeuger

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

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 m² 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.

Nr.	Variante	jährliche Energiebedarf kWh/a	jährliche Energieeinsparung %	jährliche Energiekosten EUR/a	Investitionskosten gesamt EUR	stat. jährliche Gesamtkosten EUR/a
1	Ist-Zustand	64.228,5	0,0	5.707,33	0,00	5.707,33
2	Dämmung Decke OG/DG 160mm	58.207,2	9,4	4.010,49	11.193,00	4.290,32
3	Innendämmung HF 60mm	56.986,5	11,3	5.041,28	18.000,00	5.491,28
4	AW-Dämmung MF 160mm	55.411,0	13,7	3.825,91	36.600,00	5.045,91
5	Pelletkessel	61.468,8	4,3	3.137,07	18.000,00	4.137,07
6	Öl-Brennwertkessel	50.450,3	21,5	4.681,94	13.500,00	5.581,94
7	Fenster	63.253,6	1,5	4.343,88	10.535,00	4.765,28
8	Pelletkessel + Fenster + Dämmung Decke OG/DG 160mm HF	50.663,5	21,1	2.599,74	44.243,00	4.238,37
9	Pelletkessel + Fenster + AW-Dämmung MF 160mm + Dämmung Decke OG/DG	39.708,9	38,2	2.054,77	73.325,00	4.664,20
10	Pelletkessel + AW-Dämmung MF 160mm + Fenster + Dämmung Decke OG/DG 160mm HF+ Dämmung Kellerdecke 40/28mm PUR	33.221,3	48,3	1.739,40	81.054,60	4.856,88
11	Pelletkessel + Innenwanddämmung 60mm + Fenster + Dämmung Decke OG/DG 160mm + Dämmung Kellerdecke 40/28mm PUR	34.882,5	45,7	1.814,49	63.054,60	4.184,96
12	Öl-BW-Kessel + Fenster + AW-Dämmung MF 160mm + Dämmung Decke OG/DG 160mm + Dämmung Kellerdecke 40/28mm PUR	27.135,2	57,8	2.539,07	74.554,60	5.300,36
13	Referenzgebäude EnEV2009	15.186,0	76,4	1.480,03	0,00	1.480,03
14	Dämmung Kellerdecke oben	54.870,4	14,6	4.847,90	1.821,60	4.893,44

Variante 2 :Dämmung Decke OG/DG 160mm

neuer U-Wert: 0,193 W/m²K

Maßnahmen dieser Variante:

Rieselschutz, abgezogene Schüttung, 2x80mm Holzfaserplatte, begehbar,

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	11.193,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	11.193,00	€

Energie

Energiebedarf:	58.207,21	kWh/a
Energieeinsparung:	6.021,28	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	9,37	%
Energiekosten:	4.010,49	€/a
Energiekosteneinsparung:	1.696,84	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	40,00	a
Stat. Amortisation	6,60	a
Dyn. Amortisation	6,01	a

Primärenergiebedarf	Variante 2	322,01	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 2	0,97	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

Variante 3 : Innendämmung 60mm

neuer U-Wert: 0,364 W/m²K

Maßnahmen dieser Variante:

60 mm Holzfaserplatte, min. Spachtel, Armierung und Putz, inkl. aller Kantenprofile und Anschlüsse

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	24.250,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	6.250,00	€ Innenputz neu
Verbleibende Kosten:	18.000,00	€

Energie

Energiebedarf:	56.986,52	kWh/a
Energieeinsparung:	7.241,97	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	11,28	%
Energiekosten:	5.041,28	€/a
Energiekosteneinsparung:	666,05	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	40,00	a
Stat. Amortisation	27,03	a
Dyn. Amortisation	18,23	a

Primärenergiebedarf	Variante 3	315,83	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)

Transmissionswärmeverlust	Variante 3	0,98	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

Variante 4 : Aussenwanddämmung von außen, 160mm neuer U-Wert: 0,177 W/m²K

Maßnahmen dieser Variante:

Wärmedämmverbundsystem, Mineralwolle 160mm, Spachtel, Armierung, mineralischer Putz, inkl. Dübelbefestigung und Gerüststellung

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	47.275,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	10.675,00	€ (neuer Außenputz)
Verbleibende Kosten:	36.600,00	€

Energie

Energiebedarf:	55.411,05	kWh/a
Energieeinsparung:	8.817,44	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	13,73	%
Energiekosten:	3.825,91	€/a
Energiekosteneinsparung:	1.881,42	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	30,00	a
Stat. Amortisation:	19,45	a
Dyn. Amortisation:	14,44	a

Primärenergiebedarf	Variante 4	306,63	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)

Transmissionswärmeverlust	Variante 4	0,90	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

Variante 5: Pelletkessel

Maßnahmen dieser Variante:

Pelletkessel 18-35 KW, Förderschnecke, PelletSilo 3to, Pufferspeicher 825l, sonstige technische Ausrüstung, inkl. Montage, ohne Schornstein

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	18.000,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	18.000,00	€

Energie

Energiebedarf:	61.468,80	kWh/a
Energieeinsparung:	2.759,69	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	4,30	%
Energiekosten:	3.137,07	€/a
Energiekosteneinsparung:	2.570,25	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	18,00	a
Stat. Amortisation:	7,00	a
Dyn. Amortisation:	6,33	a

Primärenergiebedarf	Variante 6	70,39	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)

Transmissionswärmeverlust	Variante 6	1,15	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

Variante 6: Öl-Brennwertkessel

Maßnahmen dieser Variante:

Öl-Brennwertkessel 5-30KW, Speicher 500l, Abgasrohr, sonstige technische Ausrüstung, inkl. Montage

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	13.500,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	13.500,00	€

Energie

Energiebedarf:	50.450,30	kWh/a
Energieeinsparung:	13.778,19	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	21,45	%
Energiekosten:	4.681,94	€/a
Energiekosteneinsparung:	1.025,39	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	15,00	a
Stat. Amortisation:	13,17	a
Dyn. Amortisation:	10,71	a

Primärenergiebedarf	Variante 7	280,65	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 7	1,15	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

Variante 7: Fenster

Maßnahmen dieser Variante:

neuer U-Wert: 1,300 W/m²K

Austausch der Fenster in den wärmeübertragenden Außenwandteilen,

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	10.535,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	10.535,00	€

Energie

Energiebedarf:	63.253,60	kWh/a
Energieeinsparung:	974,90	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	1,52	%
Energiekosten:	4.343,88	€/a
Energiekosteneinsparung:	1.363,45	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	25,00	a
Stat. Amortisation:	7,73	a
Dyn. Amortisation:	6,89	a

Primärenergiebedarf	Variante 8	352,55	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 8	1,08	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

Variante 8: Pelletkessel + Fenster + Dämmung Decke OG/DG 160mm

Maßnahmen dieser Variante:

Kombination der Varianten 6 + 8 + 2

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	44.243,00	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	44.243,00	€

Energie

Energiebedarf:	50.663,55	kWh/a
Energieeinsparung:	13.564,94	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	21,12	%
Energiekosten:	2.599,74	€/a
Energiekosteneinsparung:	3.107,59	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	27,00	a
Stat. Amortisation:	14,24	a
Dyn. Amortisation:	11,39	a

Primärenergiebedarf	Variante 9	59,09	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)

Transmissionswärmeverlust	Variante 9	0,89	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

**Variante 9:
Pelletkessel + Fenster + Außenwanddämmung 160mm + Dämmung Decke OG/DG
160mm**

Maßnahmen dieser Variante:

Kombination der Varianten 6 + 8 + 4 + 2 + 14

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	81.807,25	€
Ohnehin anstehende Kosten:	8.482,25	€
Verbleibende Kosten:	73.325,00	€

Energie

Energiebedarf:	39.708,93	kWh/a
Energieeinsparung:	24.519,56	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	38,18	%
Energiekosten:	2.054,77	€/a
Energiekosteneinsparung:	3.652,56	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	28,10	a
Stat. Amortisation:	20,07	a
Dyn. Amortisation:	14,77	a

Primärenergiebedarf	Variante 10	47,62	KWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 10	0,63	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

Variante 10:

**Pelletkessel + Außenwanddämmung 160mm + Fenster + Dämmung Decke OG/DG
160mm + Dämmung Kellerdecke von oben 40mm/28mm (Flächenanteil 70%)**

Maßnahmen dieser Variante:

Kombination der Varianten 6 + 4 + 8 + 2 + 5 + 14

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	91.554,60	€
Ohnehin anstehende Kosten:	10.500,00	€
Verbleibende Kosten:	1.054,60	€

Energie

Energiebedarf:	33.221,35	kWh/a
Energieeinsparung:	31.007,15	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	48,28	%
Energiekosten:	1.739,40	€/a
Energiekosteneinsparung:	3.967,93	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	26,00	a
Stat. Amortisation:	20,43	a
Dyn. Amortisation:	14,96	a

Primärenergiebedarf	Variante 11	41,35	KWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)

Transmissionswärmeverlust	Variante 11	0,45	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

Variante 11:
Pelletkessel + Innenwanddämmung 60mm + Fenster + Dämmung Decke OG/DG
160mm + Dämmung Kellerdecke von oben 40mm/28mm (Flächenanteil 70%)

Maßnahmen dieser Variante:

Kombination der Varianten 6 + 3 + 8 + 2 + 5 + 14

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	69.304,60	€
Ohnehin anstehende Kosten:	6.250,00	€
Verbleibende Kosten:	63.054,60	€

Energie

Energiebedarf:	34.882,48	kWh/a
Energieeinsparung:	29.346,02	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	45,69	%
Energiekosten:	1.814,49	€/a
Energiekosteneinsparung:	3.892,84	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	26,60	a
Stat. Amortisation:	16,20	a
Dyn. Amortisation:	12,59	a

Primärenergiebedarf	Variante 12	42,55	KWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 12	0,53	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K

**Variante 12:
 Öl-Brennwertkessel + Fenster + Außenwanddämmung 160mm + Dämmung Decke
 OG/DG 160mm + Dämmung Kellerdecke von oben 40mm/28mm
 (Flächenanteil 70%)**

Kombination der Varianten 7 + 8 + 4 + 2 + 5 + 14

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	85.054,60	€
Ohnehin anstehende Kosten:	10.500,00	€
Verbleibende Kosten:	74.554,60	€

Energie

Energiebedarf:	27.135,15	kWh/a
Energieeinsparung:	37.093,34	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	57,75	%
Energiekosten:	2.539,07	€/a
Energiekosteneinsparung:	3.168,25	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	27,00	a
Stat. Amortisation:	23,53	a
Dyn. Amortisation:	16,56	a

Primärenergiebedarf	Variante 13	152,31	KWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a
Transmissionswärmeverlust	Variante 13	0,45	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K
(Referenzgebäude		0,40 x 1,40	= 0,56 W/m ² K

Variante 13: Referenzgebäude EnEV2009

Maßnahmen dieser Variante:

0

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

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

Energie

Energiebedarf:	15.186,03	kWh/a
Energieeinsparung:	49.042,47	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	76,36	%
Energiekosten:	1.480,03	€/a
Energiekosteneinsparung:	4.227,30	€/a

Wirtschaftlichkeit

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

Variante 14: Dämmung Kellerdecke von oben

Maßnahmen dieser Variante:

40mm/28mm PUR-Dämmung unter Estrich/Trockenestrich/Dielenboden.

Da der Innen- und Außenwandanteil an der Bodenfläche 30% beträgt, ist die 40mm Dämmung nur zu 70% (28mm) rechnerisch berücksichtigt. Eine andere Möglichkeit bietet das Programm nicht

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	1.821,60	€
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00	€
Verbleibende Kosten:	1.821,60	€

Energie

Energiebedarf:	54.870,41	kWh/a
Energieeinsparung:	9.358,08	kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	14,57	%
Energiekosten:	4.847,90	€/a
Energiekosteneinsparung:	859,43	€/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	40,00	a
Stat. Amortisation:	2,12	a
Dyn. Amortisation:	2,11	a

Primärenergiebedarf	Variante 13	304,29	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (140%)		124,73	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf zulässig (160%)		142,54	kWh/m ² a
Referenzgebäude nach EnEV 2009		89,09	kWh/m ² a)
Transmissionswärmeverlust	Variante 13	0,97	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (140%)		0,56	W/m ² K
Transmissionswärmeverlust zulässig (160%)		0,64	W/m ² K
Referenzgebäude nach EnEV 2009		0,40	W/m ² K
(Referenzgebäude		0,40 x 1,40	= 0,56 W/m ² K

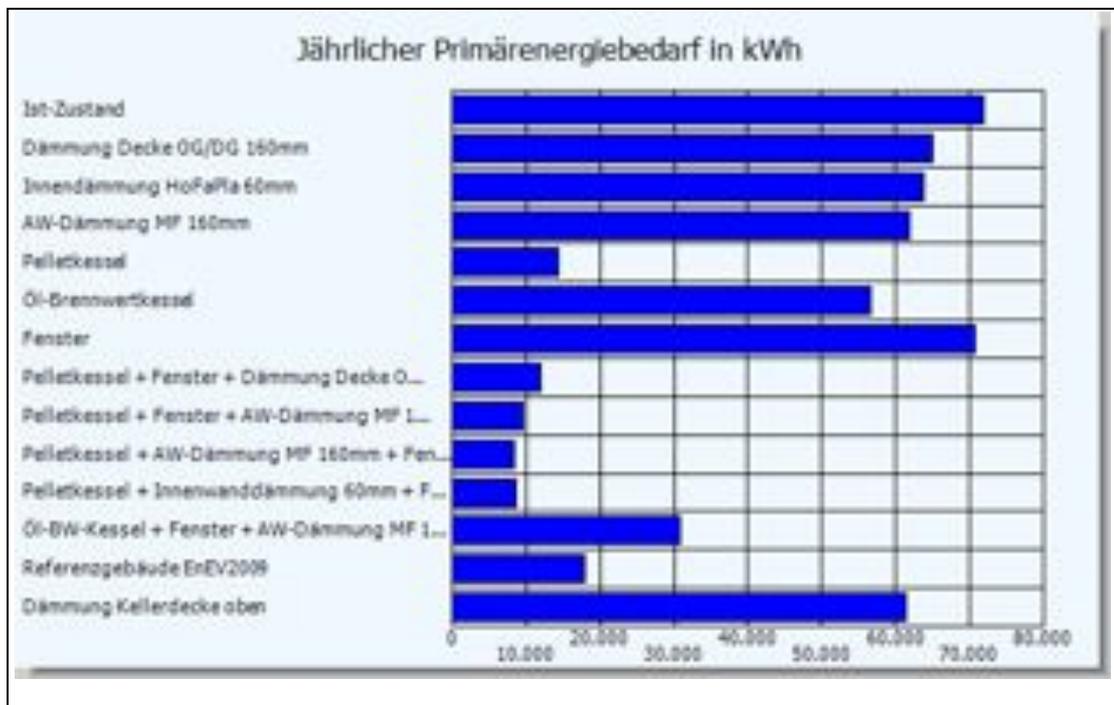
5.1 Die Varianten im Vergleich : Ergebnis

Die Varianten 9 + 10 + 11 sind geeignet, die gestellten Anforderungen nach einem maximal zulässigen Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverlust (160%-Regel) zu erfüllen.

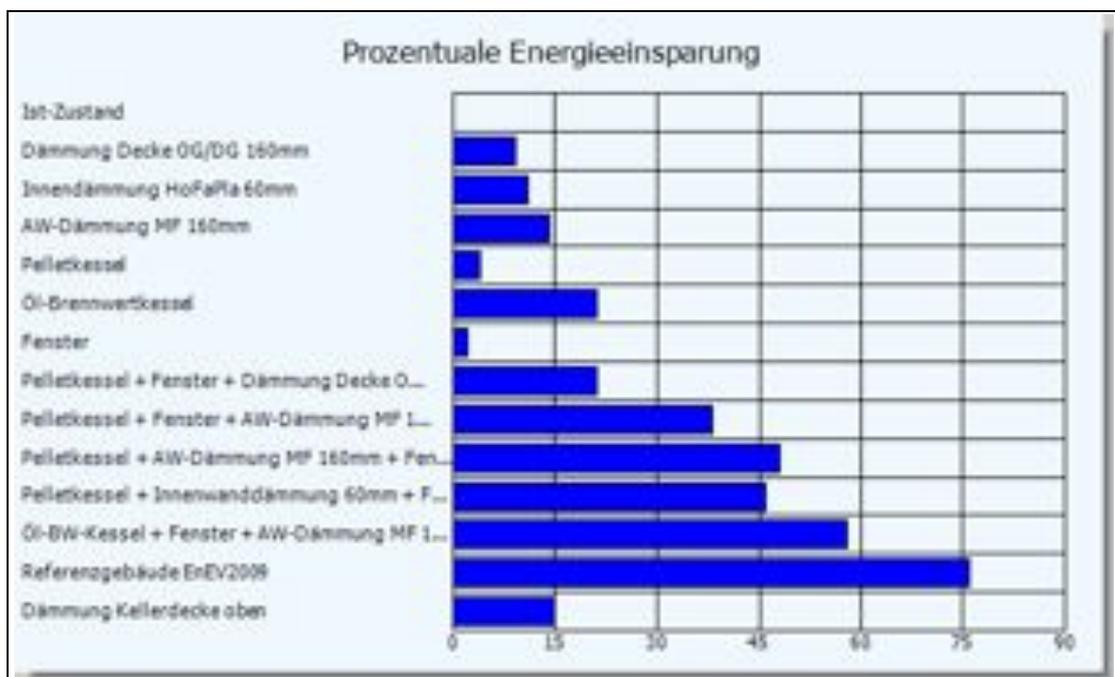
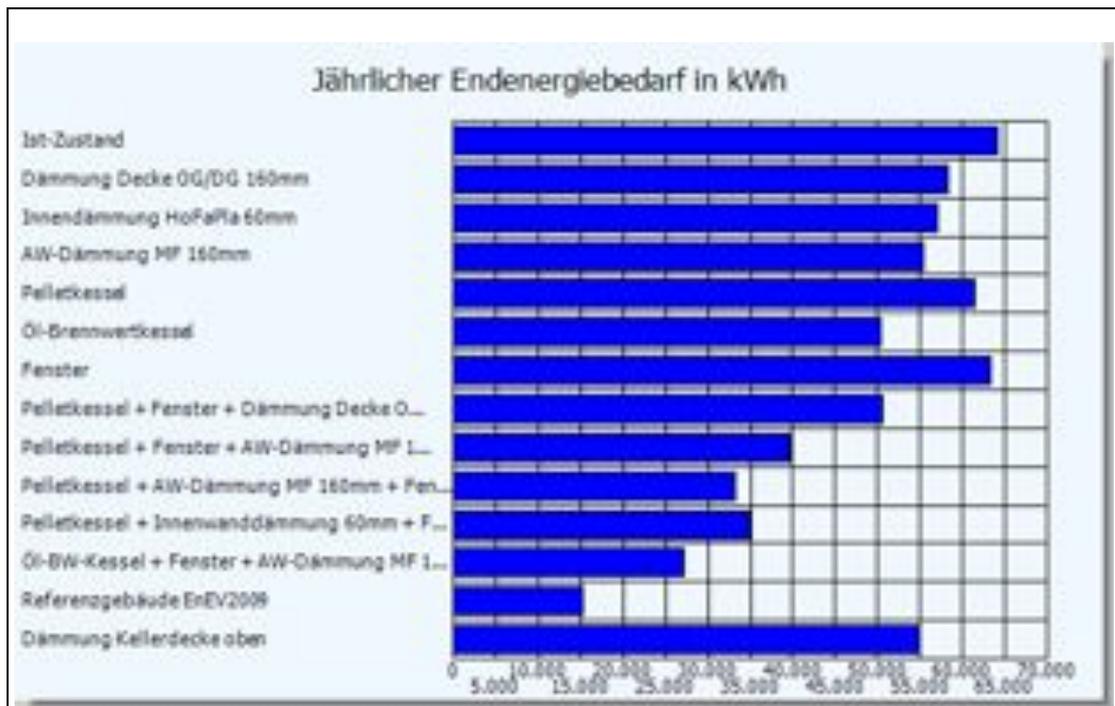
Die Varianten 10 + 11 erfüllen darüber hinaus die verschärften Anforderungen aus der 140%-Regel

5.2 Die Varianten im Vergleich : Grafiken

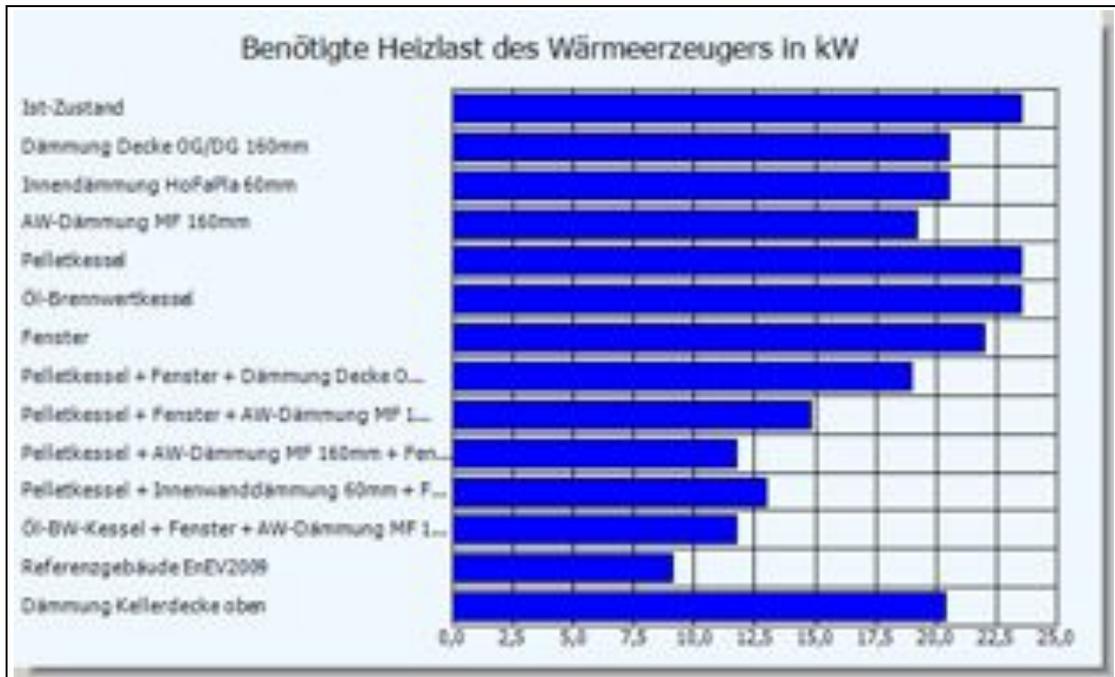
Die folgende Grafik veranschaulicht die möglichen Energieeinsparungen. Es sind die einzelnen zuvor beschriebenen Varianten auf ihren Energiebedarf untersucht worden.



Energiebedarf des Gebäudes



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



6. Wirtschaftlichkeit

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden folgende Kosten angesetzt:

Energiepreisteuerung und Zinssatz

	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

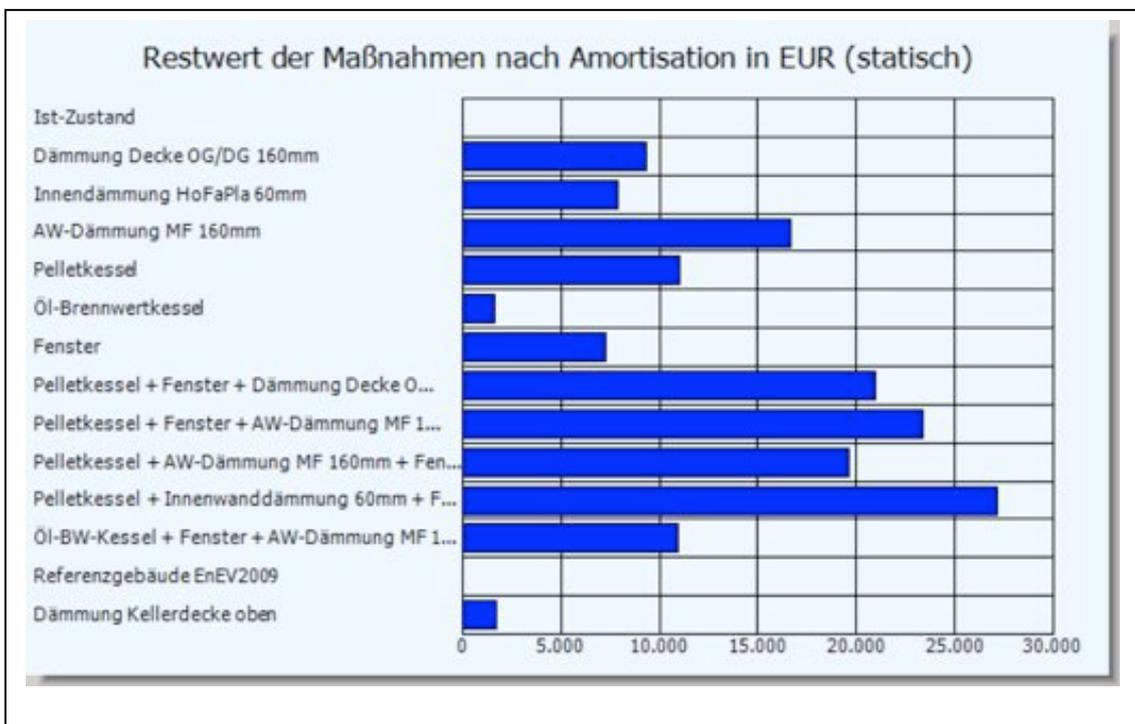
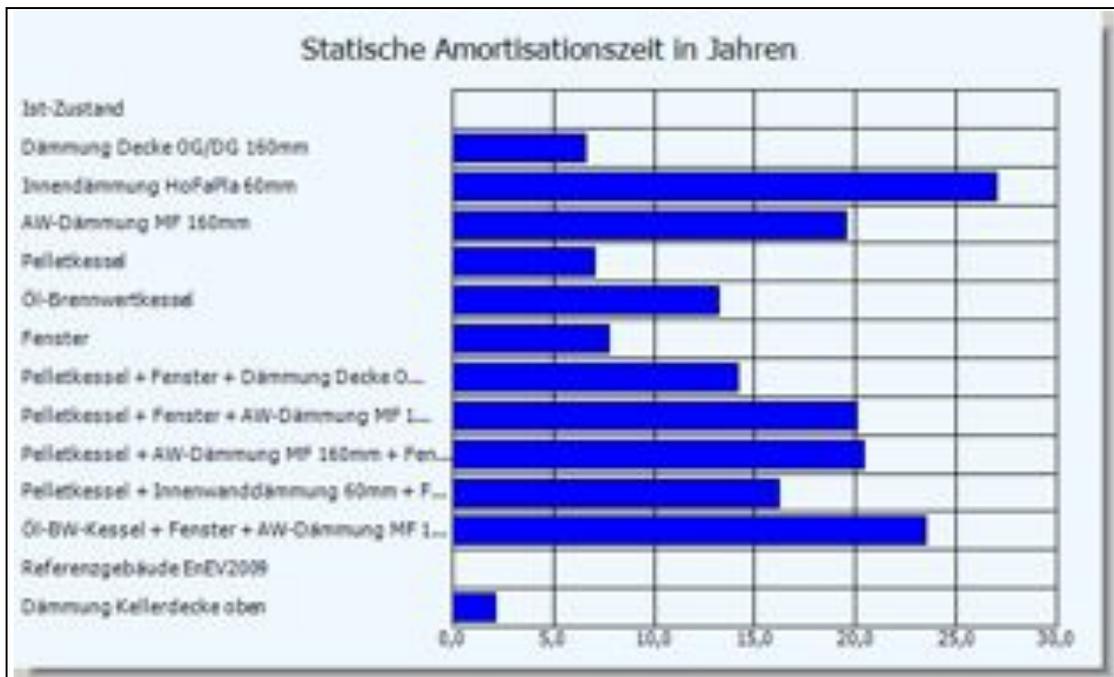
statische Amortisationszeit	= Investitionskosten/Heizkostensparnis
statische Amortisationszeit	= 1000,- EUR / 250 EUR/a = 4 Jahre

bei einer Heizungsanlage mit dem gleichen Brennstoff.

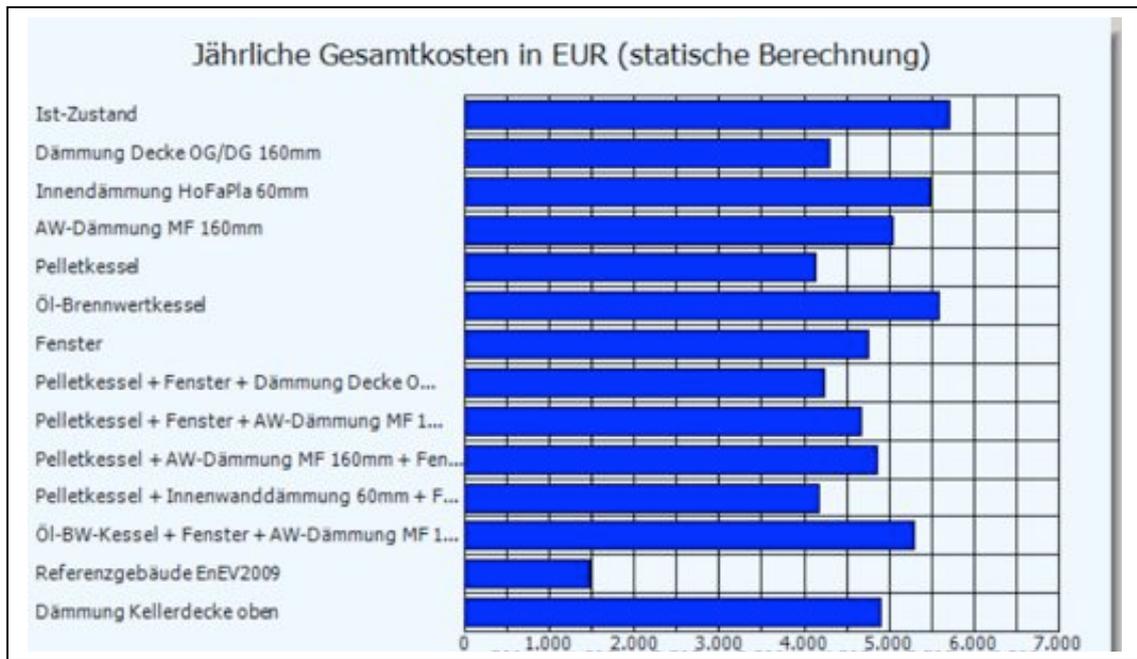
Für die Umrechnung der Energiemengen der verschiedenen Brennstoffarten benutzen Sie bitte folgende Umrechnungsfaktoren:

1Liter	Heizöl	10,0	kWh
1m ³	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



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



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

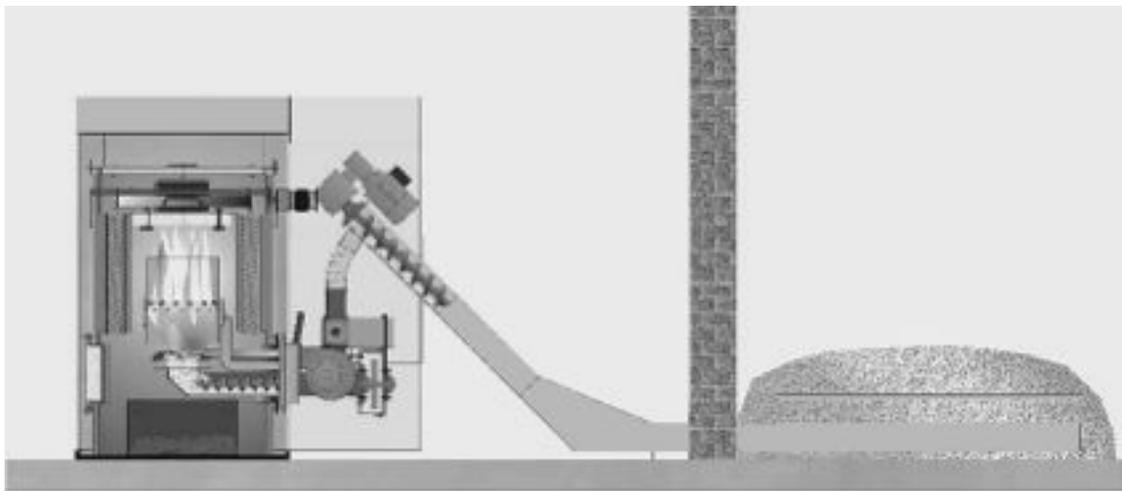
7. technische Erläuterungen

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 CO₂ 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. Konventionelle Holzöfen waren bislang nicht in der Lage Holz sauber zu verbrennen, da dafür eine Reihe von Randbedingungen erfüllt sein müssen (z.B. der Feuchtigkeitsgehalt der Pellets, Sauerstoffzufuhr), wie sie erst bei einer modernen Pelletsheizung gegeben sind.

Mit der Holzpelletsheizung ist es gelungen, eine kontinuierliche Holzfeuerung zu entwickeln, die sich vom Bedienungscomfort 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

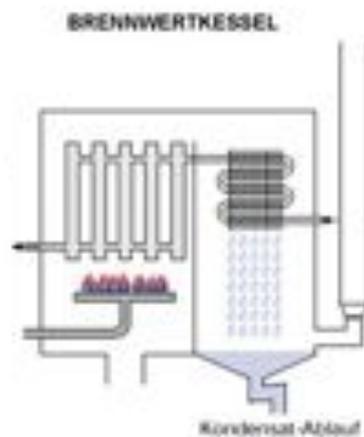
Zu beachten ist:

- 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 CO₂-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 Kubikmeterbrauchwasser 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.

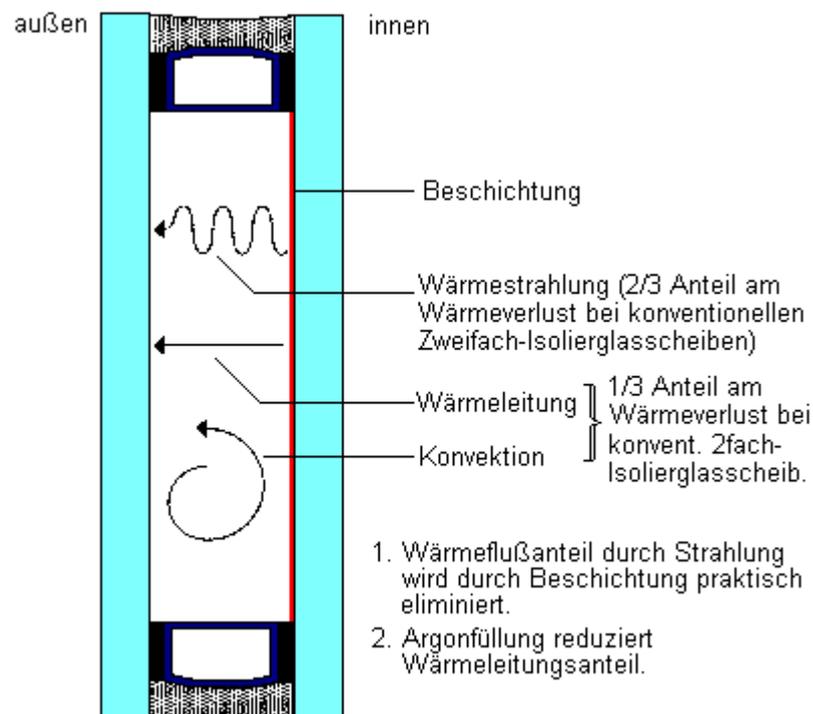
Durch die Maßnahme ergeben sich folgende Vorteile:

- 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 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. $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ für das gesamte Fenster vor. Die Glasindustrie bietet entsprechende Verglasungen für Renovierungen an; U-Werte bis hinunter zu $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 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.

- Abgleich 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, Heizkörper-anschlussleitungen von nicht mehr als 8 m Länge.

7.5 Nachrüstverpflichtung nach 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/(m²K) 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/(m²K) 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.

7.6 Hinweise zur Stromeinsparung (Förderbonus)

Auf Grund des zunehmenden Stromverbrauchs und der steigenden Energiekosten eröffnen sparsame Stromverbraucher in Verbindung mit einem optimierten Nutzerverhalten auch im Wohngebäudebereich häufig ein nicht unerhebliches Einsparpotential. Sofern der Beratungsbericht zu einer diesbezüglichen Sensibilisierung beiträgt und konkrete Anregungen für Verbesserungen enthält, wird dies durch einen Bonus unterstützt.

Zu diesem Zweck sind dem Beratungsempfänger im Beratungsbericht die bedeutendsten Stromverbraucher in seinem Haushalt zu nennen. Besondere Bedeutung besitzen hier erfahrungsgemäß Heizungspumpe, Warmwasserzirkulationspumpe, ggf. elektrische Warmwassererzeuger (Boiler, Durchlauferhitzer), Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen / Wäschetrockner, ggf. existierende Sonderausstattungen (Sauna, Solarium, Wasserbett, Aquarien, etc.) sowie Stand-by-Verbräuche. Bei zentraler Warmwasserbereitung ist die Anschlussmöglichkeit von Wasch- und Spülmaschinen an die Warmwasserleitung zu prüfen. Im Bericht soll des Weiteren der typische Durchschnittsverbrauch vergleichbarer Haushalte mit dem tatsächlichen Stromverbrauch zumindest des Vorjahres verglichen werden, soweit dem Beratungsempfänger die entsprechenden Verbrauchsabrechnungen vorliegen. Eine detaillierte Verbrauchsanalyse ist nicht notwendig. Erforderlich ist jedoch eine Aussage, ob und ggf. welche wichtigen Stromverbraucher im Beratungsobjekt technisch ineffizient sind oder durch Nutzerverhalten in ineffizienter Weise betrieben werden. Daraus folgende Verbesserungsvorschläge sind anzugeben.

Wohnt der/die Beratungsempfänger/in nicht selbst im Beratungsobjekt, sind zumindest die fest im Gebäude installierten elektrischen Stromverbraucher (Pumpen, elektrische Warmwassererzeuger, Sonderausstattungen, etc.) zu berücksichtigen und Verbesserungsmöglichkeiten anzugeben.

7.7 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 (CO₂) ist mit etwa 50% am sogenannten Treibhauseffekt beteiligt. CO₂ 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 CO₂-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 (SO₂) entsteht bei der Verbrennung von Schwefel oder Schwefelverbindungen, die vielfach als Verunreinigungen im Brennstoff enthalten sind. SO₂ bildet in der Atmosphäre Schwefelsäure und wird als Hauptverursacher des sauren Regens (⇒Waldsterben) angesehen. Die mit Abstand höchsten SO₂-Emissionen werden durch die Kohlefeuerung, insbesondere Braunkohle, verursacht. Leichtes Heizöl emittiert erheblich weniger SO₂ gegenüber Kohle. Diese Emissionen lassen sich durch den Kauf von schwefelarmem Heizöl weiter reduzieren. Die SO₂-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_x) entstehen bei hohen Temperaturen und sind im Wesentlichen von der Feuerungstechnik und weniger vom eingesetzten Brennstoff abhängig. NO_x 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.

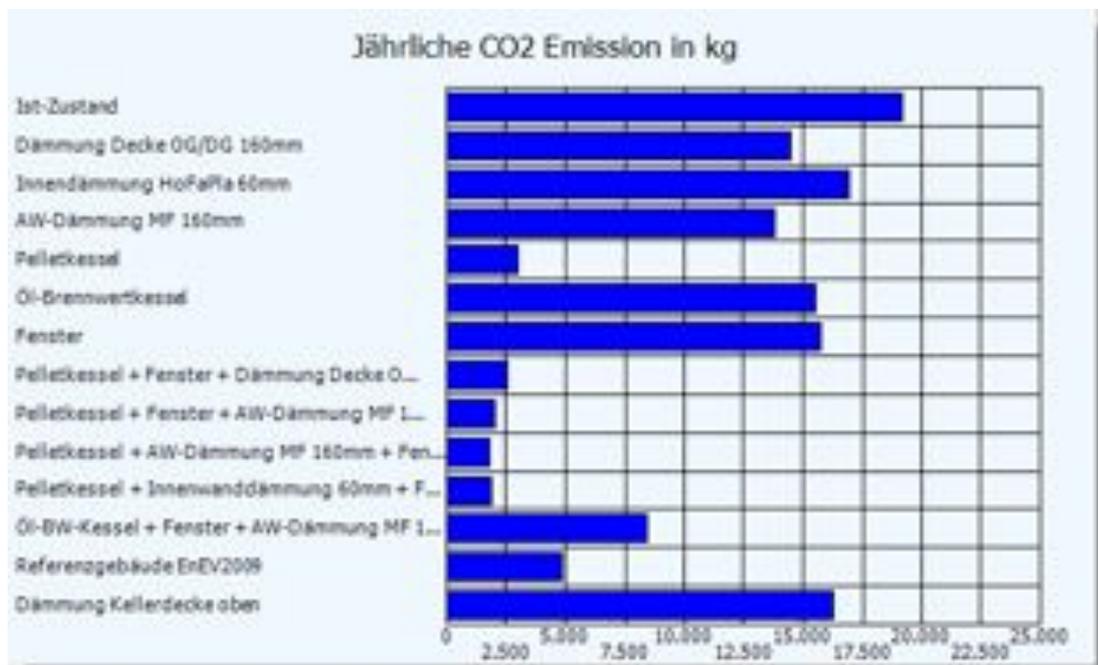
Für die Berechnung der Schadstoffemissionen wurden folgende spezifischen Emissionsfaktoren zugrunde gelegt.

Spezifische Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger¹

Energieträger	Emissionsfaktoren kg/kWh					Primär- energie- faktor
	CO ₂	CO	Staub	SO ₂	NO _x	
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

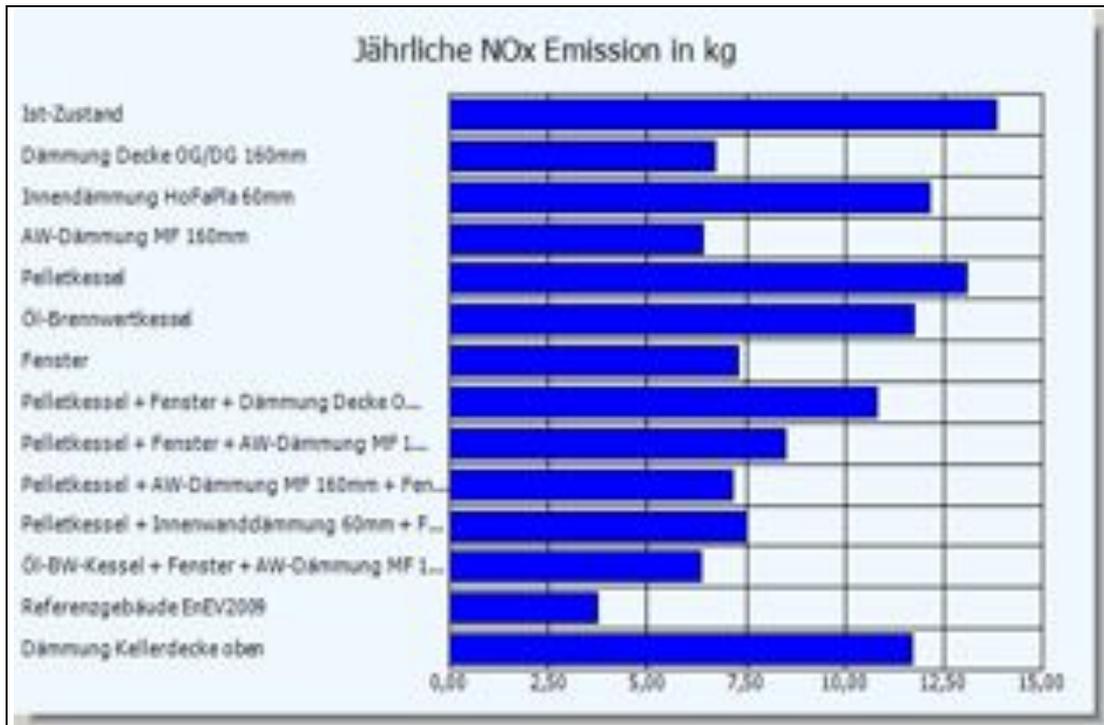
Die Auswirkungen der vorgeschlagenen Energiesparmaßnahmen auf den Schadstoffausstoß für CO₂ und NO_x sind den nachstehenden Grafiken zu entnehmen.

CO₂ -Emissionen verschiedener Varianten



¹Quelle: IWU 2009

NO_x - Emissionen verschiedener Variante



7.8 WARUM ENERGIE SPAREN?

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 Enquêt Kommission des Deutschen Bundestages hat ermittelt, dass es, um die Folgen unseres Energieverbrauchs in erträglichen Grenzen zu halten, erforderlich ist, bis zum Jahre 2050 den CO₂-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.

7.9. 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 m² werden mit 60,- EUR/m² für die Brauchwassererwärmung (min. jedoch 410,- €) und mit 105,- EUR/m² 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 Biogasanlagen

- 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:

- ① Kommission der EG, Generaldirektion Energie, Programm Thermie, 200 rue de la Loi, B-1049 Brüssel
- ② Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Postfach 51 71, D-65726 Eschborn, 06196/404-493, www.bafa.de
- ③ ISB-Bank Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz, Wohnraumförderung, www.isb.rlp.de
Holzhofstraße 4, D-55116 Mainz, Telefon 06131 6172-0, Telefax 06131 6172-1299
- ④ 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
E-Mail: alois.astor@kvmyk.de
- ⑤ Kreditanstalt für Wiederaufbau, Postfach 11 11 41, D-60046 Frankfurt am Main, 069/7431-0
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 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.

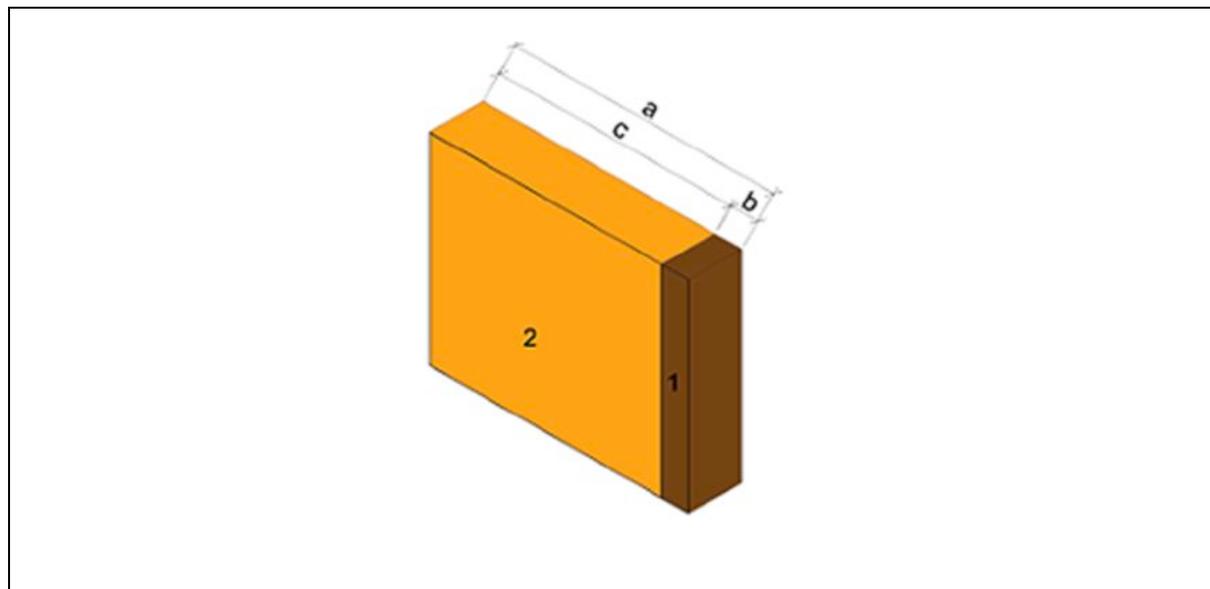
EnEV(Energieeinsparverordnung): Seit dem 1.2.2002 gilt die Energieeinsparverordnung (EnEV) und löst damit die Wärmeschutzverordnung '95 ab. Diese begrenzt nun den Transmissionswärmebedarf etwa auf den Stand der vorherigen Niedrigenergiehausqualität und begrenzt zusätzlich den Primärenergiebedarf. Damit 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.

9. Aufbau der Bauteile

Bodenaufbau Kruft: Bodenplatte über Erdreich

Pos.Nr. 1

Einbauzustand: :	Grundfläche / Erdreich, Bodenplatte				
Kommentar:	Bodenplatte über Erdreich				
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
2,435	0,411	-	48,26	44,04	437,8

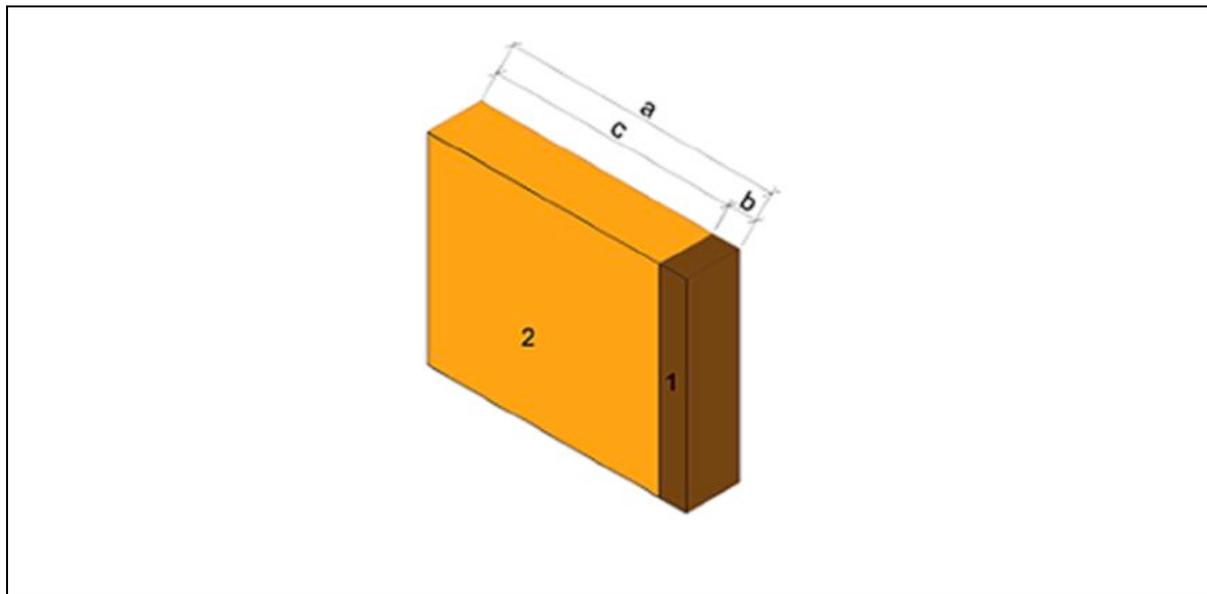


Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1700	100,0
1	Laminat (Holzfaserplatten_800)	7,00	0,180	0,0389	100,0
2	extr. PS-Schaum_035	2,00	0,035	0,0571	100,0
3	Estrich,Zement	35,00	1,400	0,0250	100,0
4	Bitumendachbahn	4,00	0,170	0,0235	100,0
5	Beton_2200	160,00	1,650	0,0970	99,4
6	Stahl unlegiert	160,00	58,000	0,0028	0,6
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0000	100,0

Bodenaufbau Kruft: Bodenplatte über Keller

POS.NR. 2

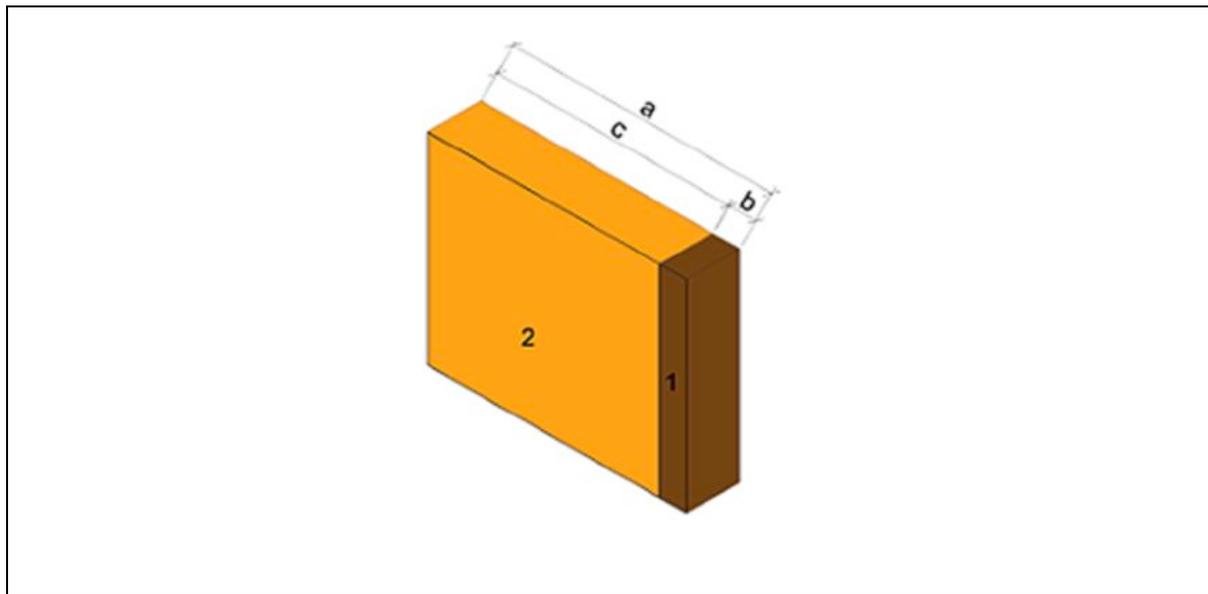
Einbauzustand: :	Grundfläche / Kellerdecke				
Kommentar:	Bodenplatte über unbeheiztem Keller				
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
1,722	0,581	-	93,30	77,4	437,8



Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1700	100,0
1	Laminat (Holzfaserplatten_800)	7,00	0,180	0,0389	100,0
2	extr. PS-Schaum_035	2,00	0,035	0,0571	100,0
3	Estrich,Zement	35,00	1,400	0,0250	100,0
4	Bitumendachbahn	4,00	0,170	0,0235	100,0
5	Beton_2200	160,00	1,650	0,0970	99,4
6	Stahl unlegiert	160,00	58,000	0,0028	0,6
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,1700	100,0

Außenwand KruftPOS.NR. 3 + 4
6 + 8

Einbauzustand: :	Aussenwand / Außenluft				
Kommentar:	Nur anrechenbare Fläche der wärmeübertragenden Aussenwand, ohne Fenster				
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
0,800	1,250	-	50,34	242,35	996,0



Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz	10,00	0,870	0,0115	100,0
2	Basaltlava, porig 30% (Wandanteil 85%)	600,00	0,550	1,0909	85,0
3	Kalkzementputz 1400 (Wandanteil 15%)	600,00	0,700	0,8571	15,0
4	Kalkzementputz 1800	20,00	1,000	0,0200	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

Treppenhauswand

Pos.Nr. 11

Einbauzustand: :	Wohnungstrennwand gegen unbeheiztes Treppenhaus				
Kommentar:					
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
1,196	0,836	-	21,18	35,41	282,0

Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkgipsputz	15,00	0,700	0,0214	100,0
2	Hlz_1000 A_B NM/DM	240,00	0,450	0,5333	100,0
3	Kalkgipsputz	15,00	0,700	0,0214	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,1300	100,0

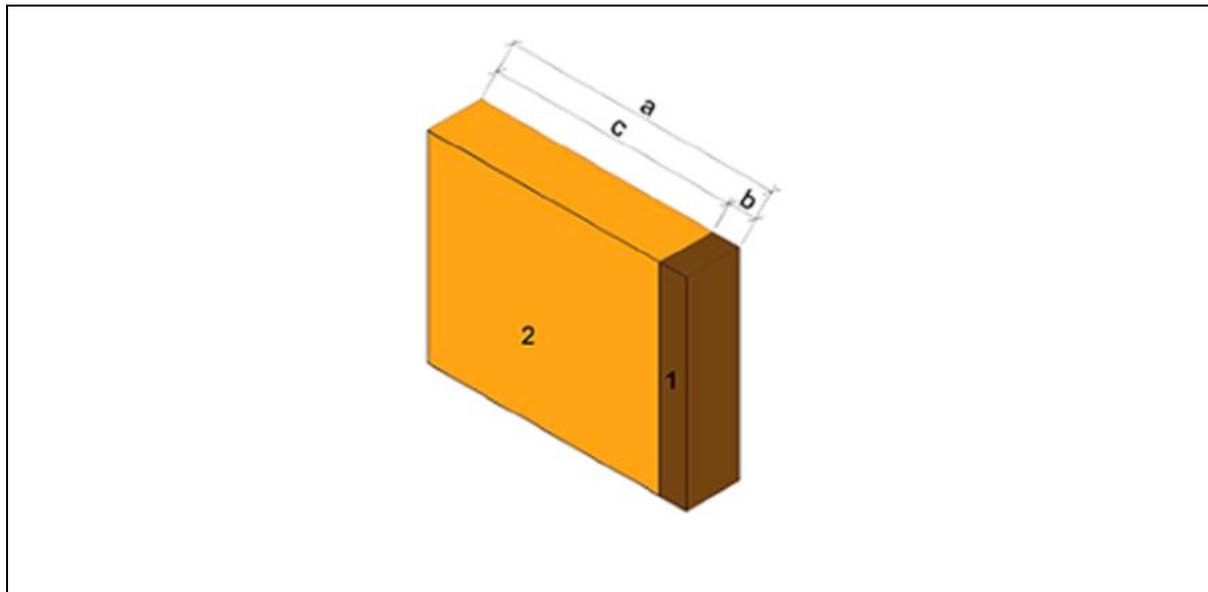
BETONDECKE

Pos.Nr. 12

Einbauzustand: :	Flachdach, horizontal / Außenluft				
Kommentar:	Betondecke, ungedämmt, über Erkerzimmer EG				
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
3,401	0,294	-	22,04	6,48	379,6

Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1000	100,0
1	Kalkzementputz_1800	10,00	1,000	0,0100	100,0
2	Beton_2200	160,00	1,650	0,0970	100,0
3	Bitumendachbahn	8,00	0,170	0,0471	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

Einbauzustand: :	Deckenfläche / ungedämmter Dachraum oberhalb				
Kommentar:	Holzbalkendecke über OG				
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
1,247	0,802	-	111,66	111,93	82,5



Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1000	100,0
1	Kalkzementputz	15,00	0,870	0,0172	100,0
2	Fichte/Kiefer	12,00	0,130	0,0923	100,0
3	Fichte/Kiefer	100,00	0,130	0,7692	12,0
4	Fichte/Kiefer	100,00	0,130	0,7692	12,0
5	Lehm	100,00	0,930	0,1075	88,0
6	Luftzwischenraum-waag	100,00	0,588	0,1701	88,0
7	Fichte/Kiefer	22,00	0,130	0,1692	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,1000	100,0