

Mustersanierungskonzept für Backsteingebäude in der Siedlung Elmschenhagen Süd

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus 3er Typ



Abbildung 1 Mehrfamilienhaus 3er Typ

Bearbeitung durch

Arbeitsgemeinschaft **ZEBAU** | **Averdung** | **Harten** bestehend aus:

ZEBAU

Zentrum für Energie, Bauen, Architektur und Umwelt GmbH
Große Elbstraße 146, 22767 Hamburg
Fon 040 380 384 0 Fax 040 380 384 29
www.zebau.de,
E-Mail: info@zebau.de



Averdung Ingenieurgesellschaft mbH
Juisterstraße 11, 26871 Papenburg
Fon 04961 946 20 Fax 04961 946 33
www.ing-averdung.de,
E-Mail: info@ing-averdung.de



Architekt Dipl.-Ing. Jasper Harten
Legienstraße 16, 24103 Kiel
Fon 0431 519 23 78 Fax 0431 519 27 91
www.energieberatung-harten.de
E-Mail: j.harten@t-online.de



Inhaltsverzeichnis

1	VORBEMERKUNGEN	5
1.1	Anlass und Ziel des Mustersanierungskonzeptes	5
2	GARTENSTADTSIEDLUNG ELMSCHENHAGEN-SÜD	6
3	DIE HAUSTYPEN	8
3.1	Die bauliche Substanz und ihre Besonderheiten	10
3.2	Heizungs- und Warmwasserversorgung	12
3.3	Die energetischen Standardmängel	12
4	ALLGEMEINE HINWEISE	13
4.1	Das Bilanzverfahren der Energieeinsparverordnung	13
4.2	Der Berechnungsweg	15
5	THERMOGRAPHIE AM BESTAND	16
6	IST- ANALYSE	18
6.1	Objektbeschreibung	18
6.2	Allgemeine Daten	18
6.3	Klimadaten	19
6.4	Bestandsfotos	19
6.5	Bauteile des Gebäudes	20
6.6	Beschreibung der Heizungs- und Warmwasseranlage	26
7	ENERGIEBILANZ DES BESTEHENDEN GEBÄUDES	28
7.1	Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV	29
7.2	Endenergiebedarf	30
8	MODERNISIERUNGSVARIANTEN	34
8.1	Übersicht der Energie- und Kosteneinsparung	34
8.2	Grafiken Energie- und Kosteneinsparung	36
8.3	Kostengrundlage	40
8.4	KfW Förderungsübersicht	41
8.5	Komplettsanierung des Gebäudes zum Effizienzhaus	44
8.6	Empfohlene Maßnahmen- Zusammenfassung der Ergebnisse	45
8.7	Umsetzbarkeit der Maßnahmen	47

9	MAßNAHMENBESCHREIBUNG MEHRFAMILIENHAUS BACKSTEIN	48
9.1	Systemschnitt - Bauteile	49
9.2	Variante 1 - Ist-Zustand	51
9.3	Variante 2 - Referenzgebäude EnEV 2014.....	51
9.4	Variante 3 - Kellerdecke	52
9.5	Variante 4 - Fenster	57
9.6	Variante 5 - Außenwände.....	60
9.7	Variante 6 - Oberste Geschossdecke	66
9.8	Variante 7 - Dach.....	73
9.9	Variante 8 - Gas-Brennwertheizkessel.....	76
9.10	Variante 9 - Nahwärme	77
9.11	Variante 10 - Pellet-Heizung	78
9.12	Variante 11 - Solarthermie	79
9.13	Variante 12 - Keller + Fenster + Dachboden	80
9.14	Variante 13 - Effizienzhaus Denkmal	81
10	SCHADSTOFFBILANZ.....	83
11	LÜFTUNGSKONZEPT NACH DER DIN 1946-6.....	86
12	SONSTIGE MAßNAHMEN	90
13	GESETZLICHE ANFORDERUNGEN	92
13.1	Nachrüst- und Nachweispflichten der EnEV	92
13.2	Bestandssanierung gemäß EnEV	93
14	FÖRDERUNG VON ENERGIESPARMAßNAHMEN.....	94
14.1	Bundesamt für Ausfuhrkontrolle und Wirtschaft (BAFA).....	94
14.2	Zuschussprogramm des Landes Schleswig-Holstein	95
14.3	Kieler Klimaschutzfonds	95
15	GLOSSAR	96



1 Vorbemerkungen

1.1 Anlass und Ziel des Mustersanierungskonzeptes

Als Bestandteil des Konzeptes zur „Energetischen Stadtsanierung“ im Stadtteilgebiet Elmschenhagen-Süd wurde auch der Gebäudebestand untersucht. Für die in dem Quartier vorhandenen Gebäudetypen wurden fünf Mustersanierungskonzepte in unterschiedlicher Detailtiefe und Variation erarbeitet, die realistisch und wirtschaftlich darstellbare Möglichkeiten der Modernisierung von Gebäudehülle und Anlagentechnik beinhalten. Die Mustersanierungskonzepte wurden mit den Vorstellungen der Eigentümer, der Stadtplanung, der Denkmalpflege und dem Bauordnungsamt abgestimmt. Sie dienen im Anschluss der Konzepterstellung der Beratung der Gebäudeeigentümer und werden diesen zur Verfügung gestellt.

Die Mustersanierungskonzepte zeigen Lösungswege auf, wie der Energieverbrauch der Gebäude deutlich gesenkt werden kann.

Auftraggeber dieser Untersuchung ist das Umweltschutzamt der Landeshauptstadt Kiel.

Stand: Juni 2015

2 Gartenstadtsiedlung Elmschenhagen-Süd

Im Dezember 1938 erhielt der Architekt Schaeffer-Heyrothsberge, Magdeburg/Berlin, von der Kieler Werkwohnungen GmbH den Auftrag, die Planung für die Gartenstadt Elmschenhagen-Süd vorzunehmen. Ende 1939 wurde der Bau der Siedlung von den vier Unternehmen Deutsche Bau AG, Lenz u. Co., Wagner u. Csaster und Nord-Süd-Bau AG begonnen. Es entstanden ca. 2000 Wohnungen für Beschäftigte der Deutschen Werke und der Kriegsmarinewerft. Straßen und Plätze wurden nach sudetendeutschen Orten benannt. Der mit dem Verwaltungsgebäude, Gemeinschaftshaus, Kino und Läden als Hauptplatz für ganz Elmschenhagen vorgesehene Egerländer Platz (1947 Umbenennung in „Bebelplatz“) wurde nur teilweise realisiert. Im Unterschied zur kurz vorher geplanten Siedlung Elmschenhagen-Nord überwiegt in Elmschenhagen-Süd der Geschosswohnungsbau. Nur im Bereich der Marienbader Straße und Karlsbader Straße sind Reihenhauszeilen gebaut worden. Alle Häuser sind mit roten, dem damaligen Zeitgeist entsprechend weitgehend schmucklosen Backsteinfassaden errichtet. Die Fensterstürze, die Hauseingänge und die Traufgesimse sind durch unterschiedliche Ausformungen betont. Die durchweg zweigeschossigen Gebäude sind zu Zeilen mit unterschiedlichen Längen zusammengefasst, teilweise auch als Blockrandbebauung mit Sonderbautypen. Um kostengünstiger bauen zu können, wurde weitgehend auf die Gartenstadtidee verzichtet. Zwischen der Bebauung befinden sich aber auch heute noch Pachtgärten, die den Garten am Haus ersetzen. Die Freiflächen sind begrünt und mit einem Fußwegenetz durchzogen.

Aufbau und „Wiederaufbau“ von Elmschenhagen-Süd setzen sich bis Mitte der 1950er Jahre fort.

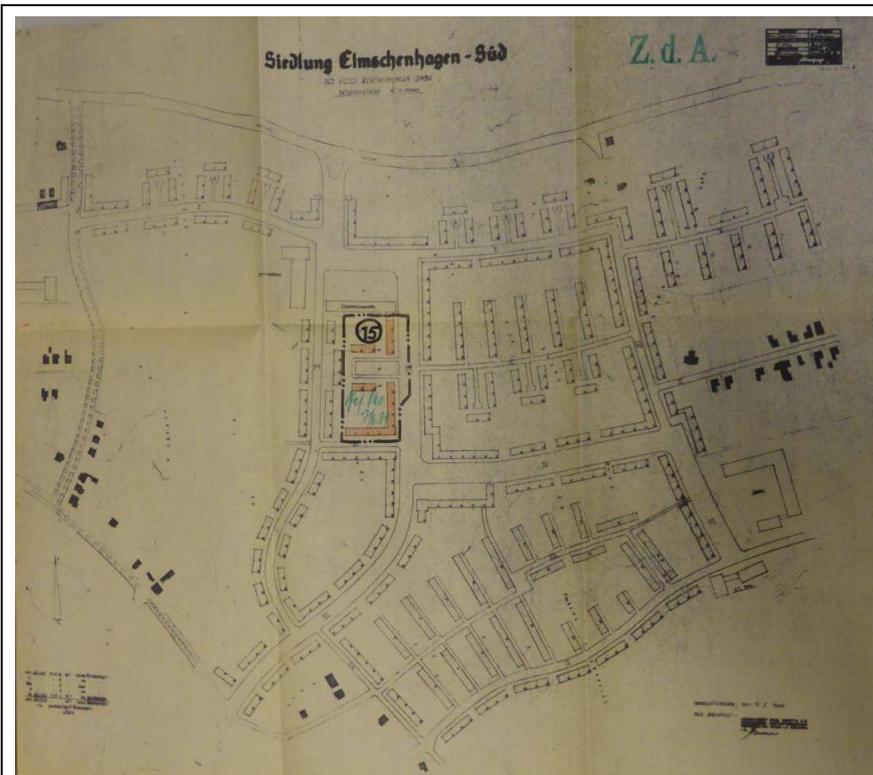


Abbildung 2 Elmschenhagen Süd, Zeichnung 1929

3 Die Haustypen

Der Gebäudetyp Mehrfamilienhaus mit Backsteinfassade aus den 1940er Jahren tritt in unterschiedlichen Varianten auf. Die häufigste Variante bildet der zweigeschossige Wohnhaustyp mit vier im Grundriss identischen Dreiraum-Wohnungen. Von diesen existieren 1.156 Wohnungen in dem Untersuchungsgebiet. Diese Haustypen setzen sich aus 2, 3, 4 oder 5 Hauseingängen zu Wohnblöcken unterschiedlicher Größe zusammen (s. dazu auch Abbildung 13). Im Bereich der Hauptverkehrsachsen des Quartiers (Reichenberger Allee, Teplitzer Allee und Troppauer Straße) sind die Wohnblöcke als Zeilen ausgebildet.

Der weitere in der Siedlung vertretene Grundrisstyp (Vierraum-Wohnung) wurde im Norden des Quartiers bei 14 Gebäuden gebaut (Anzahl der Wohnungen: 56). Nach dem 2. Weltkrieg wurden ein Teil der Dachgeschosse zu Notwohnungen umgebaut. Je Gebäude wird ein Raum im Dachgeschoss nach wie vor als Trocken-/Abstellboden genutzt.

In dem Quartier gibt es sechs historische Giebelausführungen, die sich im Hinblick auf Anordnung und Anzahl der Fenster unterscheiden.

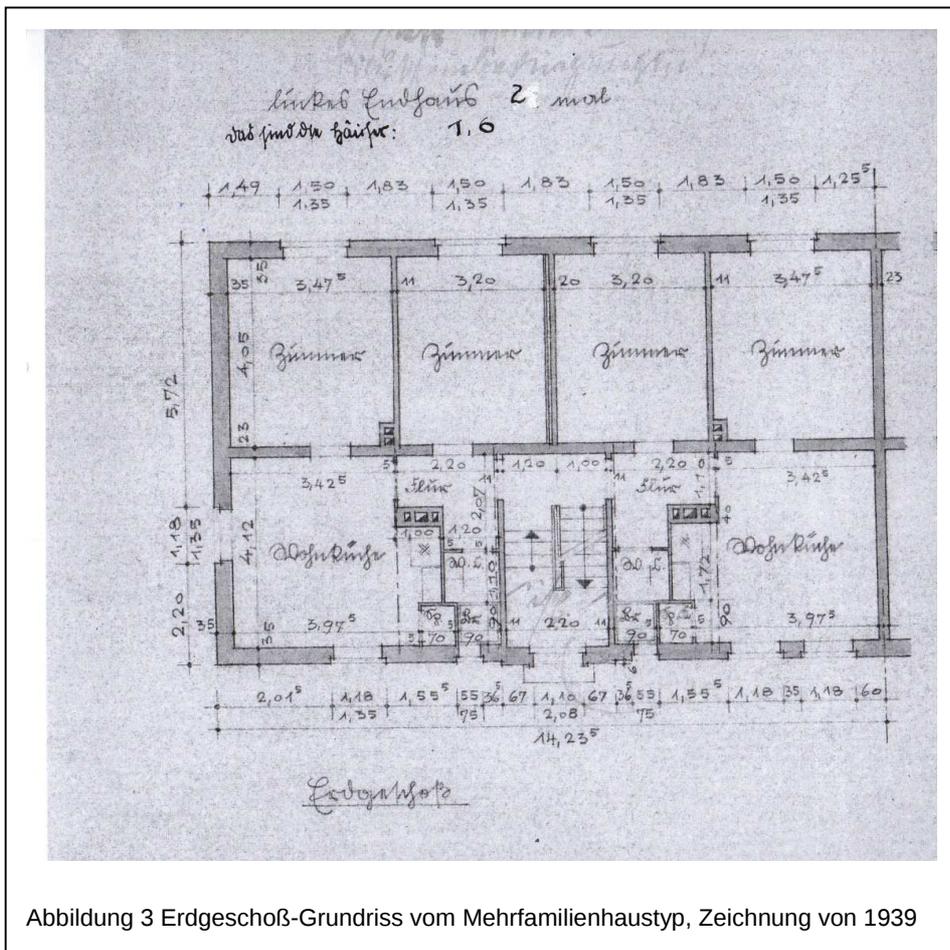


Abbildung 3 Erdgeschoß-Grundriss vom Mehrfamilienhaustyp, Zeichnung von 1939

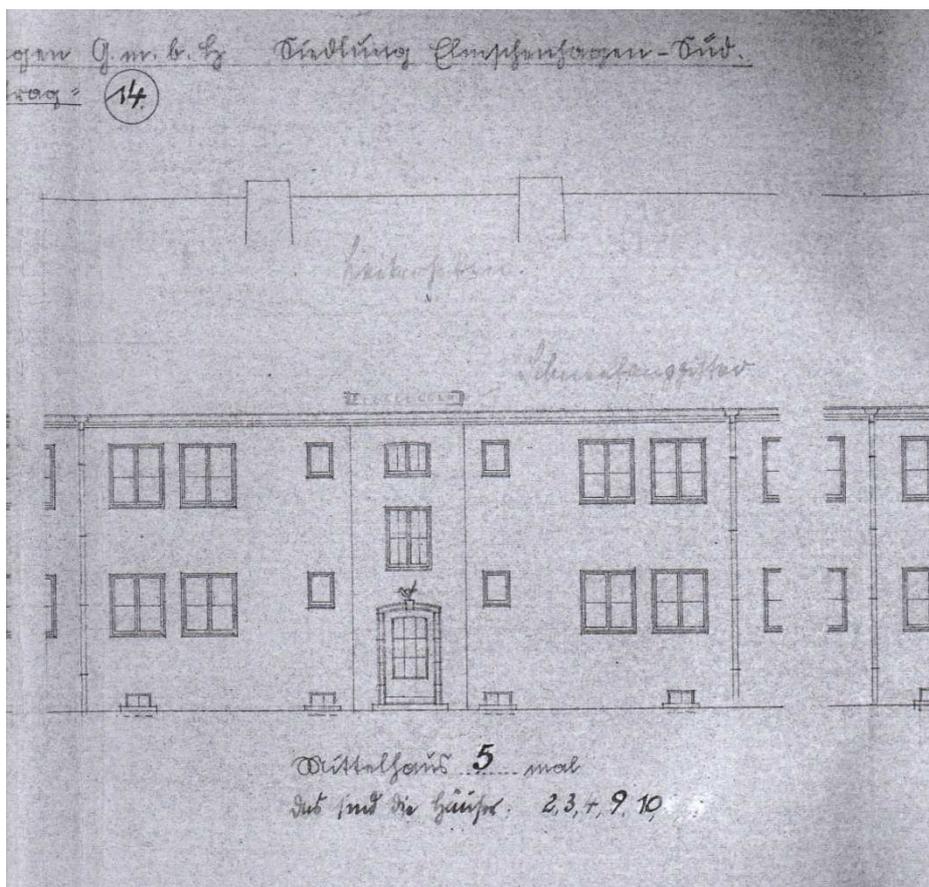


Abbildung 4 Vorderansicht vom Mehrfamilienhaustyp, Zeichnung von 1939

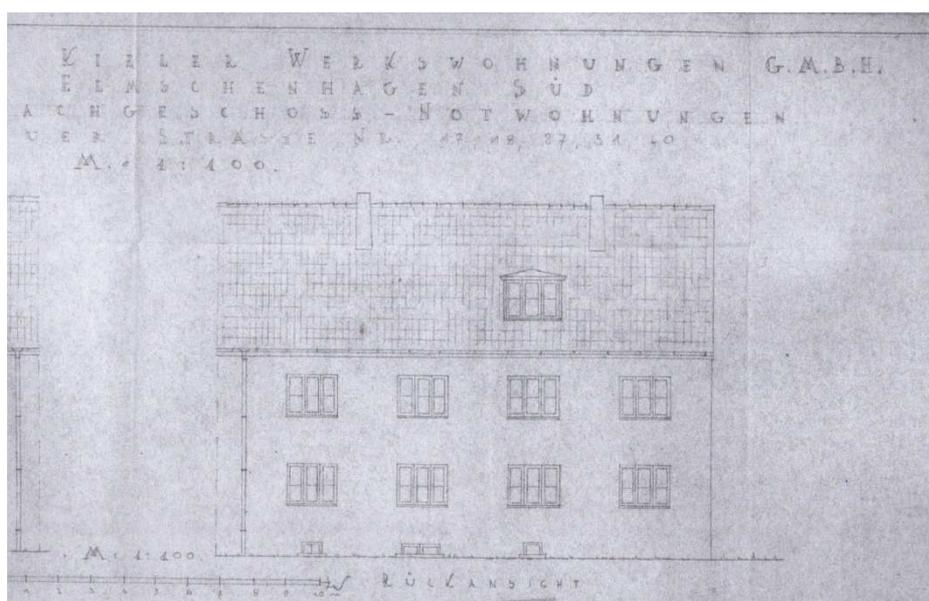


Abbildung 5 Rückansicht vom Mehrfamilienhaustyp, Zeichnung von 1948
(Wiederaufbau)

3.1 Die bauliche Substanz und ihre Besonderheiten

Die Kelleraußenwände sind aus Kalksandstein in Kalkmörtel, überwiegend in einer Stärke von 35 cm errichtet. Die Bauwerkssohle besteht aus ca. 10 cm starkem Beton. Die Bauteile der Luftschutzkellerräume wurden stärker dimensioniert ausgeführt.

Der Keller - mit Ausnahme der Waschküche - weist nur eine geringe lichte Höhe von ca. 1,96 m auf. Dies erschwert die Anbringung einer Dämmung unterhalb der Kellerdecke.

Die ursprünglich als Holzbalkendecken geplanten Kellerdecken wurden wegen des kriegsbedingten Holz Mangels in der überwiegenden Anzahl der Häuser als Hohlsteindecken ausgeführt.

Die Außenwände von Erd- und erstem Obergeschoss sind zweischalig - außenseitig aus 11 cm starkem rotem Ziegelstein, innenseitig aus 23 cm Kalksandstein mit einer ca. 1-2 cm breiten Schalenfuge - hergestellt. Fenster- und Tür laibungen sind mit einem inneren Anschlag ausgeführt.

Das Dach des Hauses ist als eine Pfetten-Konstruktion aus Nadelholz mit Sparrenquerschnitte von ca. 10 cm auf 12 cm in einer Neigung von 45° errichtet.

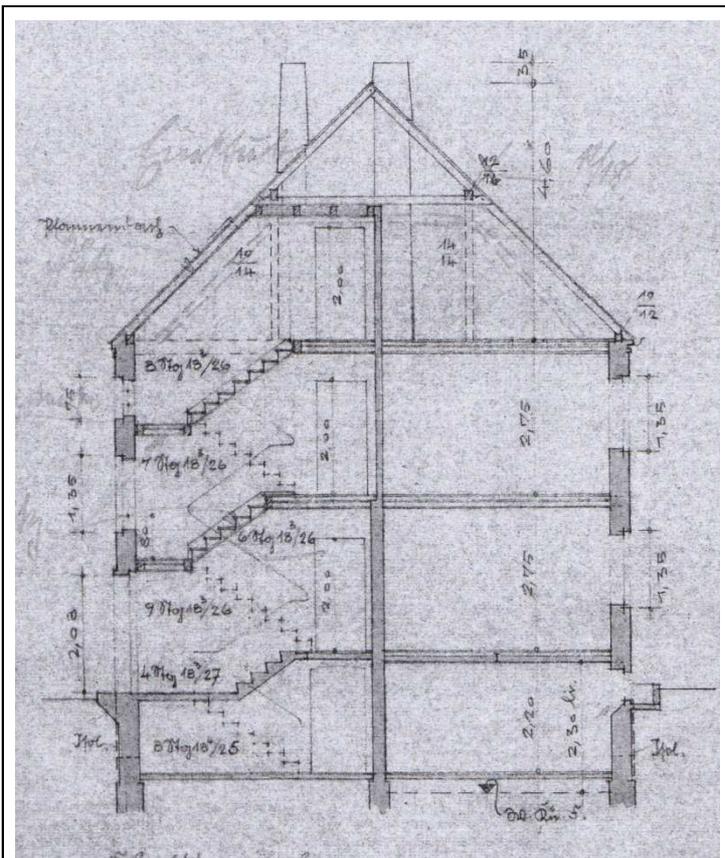


Abbildung 6 Detailschnitt aus der Bauantragszeichnung von 1939

Nach dem 2. Weltkrieg erfolgte der Ausbau der Dachgeschoss-Notwohnungen im von der Stadt Kiel vorgesehenen „Dachgeschoss-Bauprogramm in der Gartenstadt Kiel-Elmschenhagen-Süd“. Die vorhandenen Giebelwände der DG-Wohnungen wurden mit 5 cm starken Schaumbeton- bzw. Heraklithplatten verstärkt. Die Dachschrägen wurden aus Heraklithplatten hergestellt. Aus dieser Zeit stammen auch die Dachgauben.

Ausgehend von den alten Bestandsplänen aus dem Zeitraum 1939 bis 1948 wurde angenommen, dass für den hauptsächlich vertretenen zweigeschossigen Mehrfamilienhaustyp der gleiche konstruktive Aufbau realisiert wurde. Abweichungen können durch spätere Wiederaufbau- maßnahmen, bzw. Umbauten zu teilweise unterschiedlichen Konstruktionsaufbauten geführt haben. Diese wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt.

3.2 Heizungs- und Warmwasserversorgung

Die Beheizung erfolgt überwiegend mittels gasbefuerter Niedertemperatur- oder Brennwertkessel (Baujahr 1990 bis 2014). Die Kessel sind in den Kellerräumen aufgestellt und beheizen i.d.R. jeweils mehrere Wohnblöcke. Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt entweder zentral über indirekt von den Heizkesseln beheizte Speicher oder dezentral mittels Elektrodurchlauferhitzer innerhalb der Wohnungen. Die teilweise noch vorhandenen Gasdurchlauferhitzer werden – wenn es die Kapazität der Stromleitungen zulässt – sukzessive durch Elektrodurchlauferhitzer ersetzt.

3.3 Die energetischen Standardmängel

Der Gebäudebestand ist ursprünglich als bautechnisch einfache Konstruktion in einer massiven Bauweise von Decken, Kellerwänden und zweischaligen Außenwänden errichtet. Die Dachkonstruktion wurde sparsamst mit kleinen Holz-Querschnitten ohne Innenbekleidungen errichtet. Die Holzfenster der Häuser waren einfach verglast, thermisch der „schwächste“ Punkt in der Außenhülle. Nach dem bereits an fast allen Häusern realisierten Einbau von isolierverglasten Kunststofffenstern haben sich die bauphysikalischen Eigenschaften der Gebäudekonstruktion geändert.

Für eine energetische Modernisierung nach heutigem Standard besteht die Aufgabe darin, die Hüllflächen zu dämmen, die Anzahl der Wärmebrücken zu minimieren und an Bauteilen und Fugen die Undichtigkeiten nach außen zu schließen. Mit dieser Modernisierung wird sich das bauphysikalische Verhalten der Bauteile ändern. Bei unsachgemäßer und ungeplanter Modernisierung kann an den Wärmebrücken der Konstruktion Tauwasser anfallen. Bei falscher Lüftung der Wohnräume und Küchen besteht die Möglichkeit von Schimmelbildung an diesen Flächen bzw. Punkten. Je nach Umfang der Modernisierung sind daher die Einzelmaßnahmen sorgfältig aufeinander abzustimmen.

Die nachfolgend dargestellten Detailskizzen entsprechen den in dem Berechnungsmodell zu Grunde gelegten energetischen Sanierungsaufbauten. Für die Verwendung vor Ort müssen die Gegebenheiten genau geprüft werden. In manchen Fällen empfiehlt es sich einen Bauphysiker und/oder einen Bauingenieur / Statiker / Architekten zu Rate zu ziehen. Die dargestellten Details stellen eine Möglichkeit der Modernisierung dar, d.h. sie sind zu überprüfen und objektbezogen anzupassen.

4 Allgemeine Hinweise

Auf Grundlage der Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Unterlagen wurde eine computergestützte Energiediagnose erstellt. Dazu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgängen) der Gebäudehülle - insbesondere der Fenster, der Außenwände, der Geschossdecken und den Dachflächen - den Lüftungswärmeverlusten, den Verlusten der Heizungsanlage und 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 Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI-Richtlinien) und der Energieeinsparverordnung 2014 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.

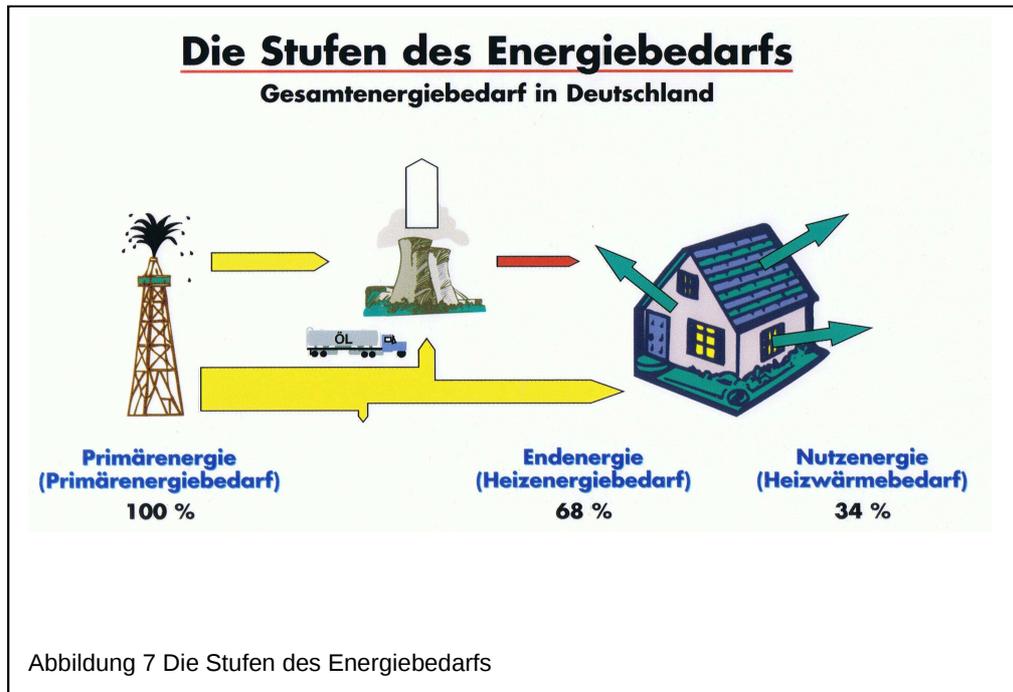
Die im Bericht genannten Kosten und voraussichtlichen Einsparungen stellen Richtwerte dar und können von den tatsächlichen Verhältnissen abweichen.

4.1 Das Bilanzverfahren der Energieeinsparverordnung

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 Heizungspumpen oder Zirkulationspumpen notwendig ist.

Die Bewertung der Primärenergie wurde mit der Energieeinsparverordnung 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.

4.2 Der Berechnungsweg

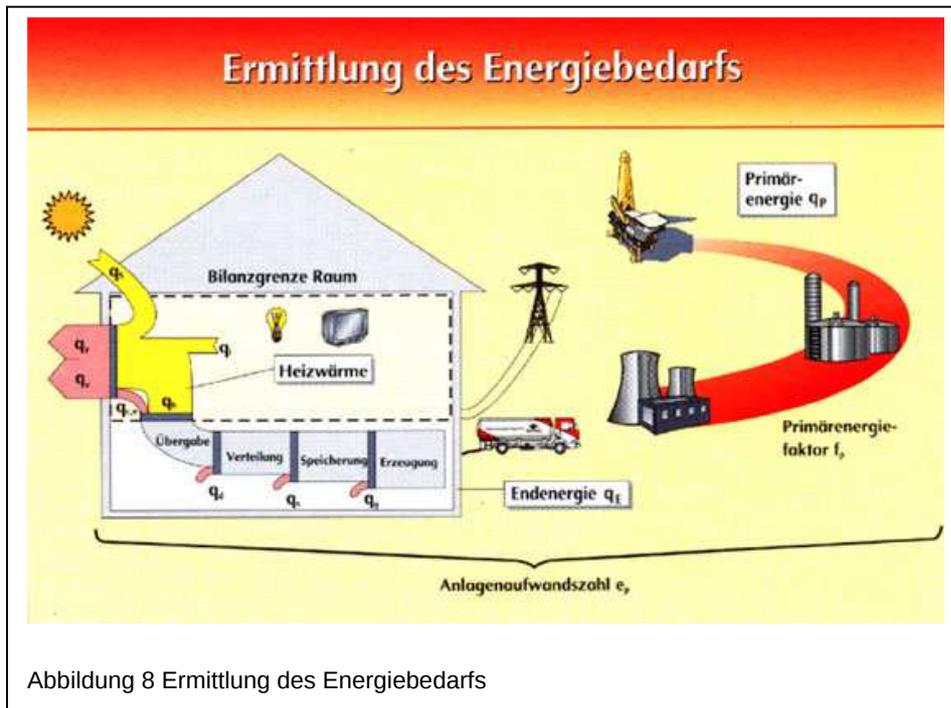


Abbildung 8 Ermittlung des Energiebedarfs

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 und des Warmwassersystems mit ihren Hilfsenergien berechnet:

Heizenergiebedarf + Trinkwasserenergiebedarf + Hilfsenergie =

Endenergiebedarf

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. Eine niedrige Anlagenaufwandszahl kennzeichnet ein effizientes Heizsystem.

5 Thermographie am Bestand

Erläuterung der Thermogramme

Der Bildbereich enthält die Darstellung der thermischen Verhältnisse am Messobjekt. Der Wärmestrahlung der einzelnen Bildpunkte wird durch einen internen Berechnungsprozess der IR-Kamera ein Temperaturwert zugeordnet. In der Farbpalette rechts an den Thermogrammen wird der Temperaturbereich festgelegt, in dem die thermischen Verhältnisse dargestellt werden.

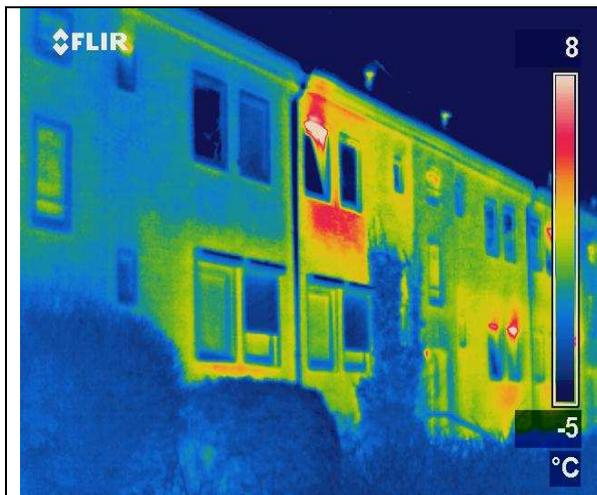


Abbildung 9 Thermogramm, Ansicht 1

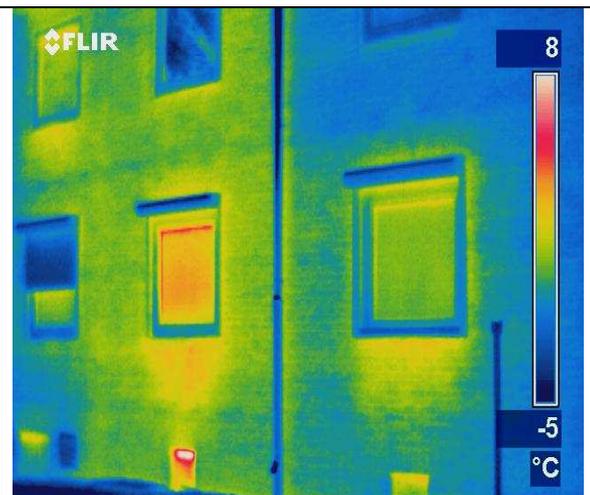


Abbildung 10 Thermogramm, Ansicht 2

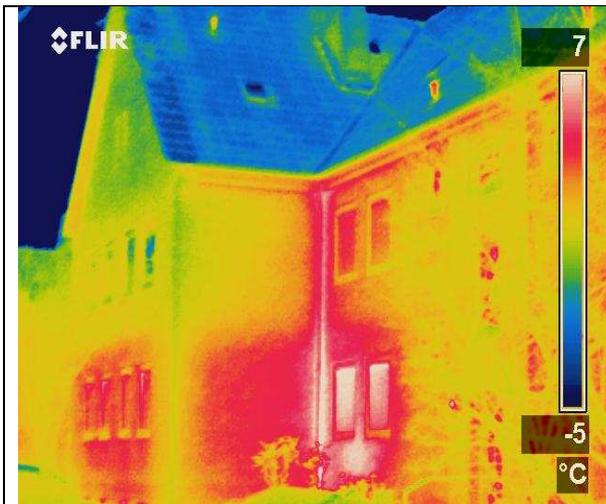


Abbildung 11 Thermogramm, Ansicht 3



Abbildung 12 Thermogramm, Ansicht 4

An den Außenwänden wurden sehr inhomogene Temperaturverteilungsmuster gemessen (Ursache: ungedämmte Wände). Die Wärmeabstrahlungsintensität ist insbesondere im Brüstungsbereich (Heizkörper) und im Bereich der Steigleitungen sehr hoch.

6 Ist- Analyse

Die Energiebilanz des Gebäudes wurde unter den vorgegebenen Randbedingungen der Energieeinsparverordnung rechnerisch ermittelt. Dabei wurde insbesondere von einem Norm-Nutzerverhalten und einem Norm-Außenklima ausgegangen, welches unabhängig vom Standort des Gebäudes ist. Aufgrund der normierten Randbedingungen weicht die Bedarfsberechnung in der Regel von den gemessenen Verbrauchswerten ab.

6.1 Objektbeschreibung

Für den am häufigsten vertreten Gebäudetyp - bestehend aus einem Mittelhaus und zwei Endhäusern, jeweils mit vier Dreiraum-Wohnungen und einer DG-Wohnung - wurde eine Energiebilanz erstellt. Das Gebäude ist voll unterkellert. Der Keller wird nicht beheizt. Den Berechnungen wurden die im Folgenden beschriebene Bauweise der Gebäudehülle, eine Wärmeversorgung mit einem Gas-Niedertemperaturkessel und eine Warmwasserbereitung mittels dezentral angeordneter Elektrodurchlauferhitzer zugrunde gelegt.

6.2 Allgemeine Daten

Haustyp	Wohngebäude, 15 Wohneinheiten
Standort	24146 Kiel, Elmschenhagen-Süd
Baujahr	ab 1941, Wiederaufbau ab 1948
Bezugsfläche A_n	827 m ²
Beheizte Volumen	2.583 m ³
Hüllfläche	1.528 m ²
Lüftung	Natürliche Lüftung
A/V_e Verhältnis	0,59 1/m
Wärmebrücken	pauschal bilanziert

Tabelle 1 Übersicht der allgemeinen Daten

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

6.3 Klimadaten

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

Heiztage	245 d/a
mittl. Außentemperatur	9,5 °C
tiefste Außentemperatur	-12 °C
Innentemperatur	19 °C
mittlere Gradtagszahl	3.145,8 d °C/a

Tabelle 2 Klimadaten

6.4 Bestandsfotos



Abbildung 13 Vorderansicht



Abbildung 14 Rückansicht



Abbildung 15 Seitenansicht

6.5 Bauteile des Gebäudes

Im Folgenden werden alle Wärme übertragenden Flächen des Gebäudes mit Einbauzustand, U-Werten, Flächen und den Konstruktionsnamen aufgelistet, sowie den maximalen U-Werten der Energieeinsparverordnung und der KfW.

P.	Bauteil	Einbau- zustand	Zusatz	U-Wert	max. U-Wert (EnEV)	max. U-Wert (KfW)	Fläche m ²	Fxi	H _f W/K	Konstruktion
				W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)				
1	Grundfläche	Kellerdecke		0,829	0,30	0,25	329,39	0,70	177,49	Kd Bestand 1939-Dielen
2	Grundfläche	Kellerdecke	Terrazzo	2,039	0,30	0,25	45,99	0,70	65,64	Kd Bestand 1939-Terra.2
3	Deckenfläche	Kellerdecke	Treppenlauf	2,295	0,30	0,25	3,60	0,60	4,96	Stb.treppe
4	Wand, ohne Ausrichtung	unbeheizte Räume	Kellerabgang	2,306	0,30	0,25	6,20	0,50	7,15	Iw Bestand 1938_11_KS1,6
5	Wand, Nord	Außenluft	Giebelwand	1,729	0,24	0,20	47,83	1,00	82,70	Aw Bestand - 1939_KS_23
6	Wand, Süd	Außenluft	Giebelwand	1,729	0,24	0,20	47,83	1,00	82,70	Aw Bestand - 1939_KS_23
7	Wand, Ost	Außenluft		1,729	0,24	0,20	204,81	1,00	354,12	Aw Bestand - 1939_KS_23
8	Wand, West	Außenluft		1,729	0,24	0,20	190,65	1,00	329,63	Aw Bestand - 1939_KS_23
9	Wand, Nord	Außenluft	Giebelwand DG	0,962	0,24	0,20	15,65	1,00	15,06	Aw Bestand - 1939_KS-HW
10	Wand, Süd	Außenluft	Giebelwand DG	0,962	0,24	0,20	15,65	1,00	15,06	Aw Bestand - 1939_KS-HW
11	Dach, Ost , 45°	Außenluft		0,526	0,24	0,14	84,00	1,00	44,18	Da Bestand 1939_HWL+5
12	Dach, West, 45°	Außenluft		0,526	0,24	0,14	84,62	1,00	44,51	Da Bestand 1939_HWL+5

P.	Bauteil	Einbau- zustand	Zusatz	U-Wert	max. U-Wert (EnEV)	max. U-Wert (KfW)	Fläche m ²	Fxi	H' _T	Konstruktion
				W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)			W/K	
13	Deckenfläche	ungedämmter Dachraum oberhalb	Wohnung DG	0,533	0,24	0,14	108,11	0,80	46,10	Holzbl.decke 1936-HWL+5
14	Deckenfläche	ungedämmter Dachraum oberhalb		0,647	0,24	0,14	157,65	0,80	81,60	De Bestand 1939-Stb.+5
15	Wand, ohne Ausrichtung	ungedämmter Dachraum		2,466	0,24	0,25	44,85	0,80	88,48	Iw Bestand 1938_11_KS1,8
16	Wand, Nord	Außenluft	Gaubenwand	0,958	0,24	0,20	6,72	1,00	6,44	Gaubenwände 1959_HWL50
17	Wand, Süd	Außenluft	Gaubenwand	0,958	0,24	0,20	6,72	1,00	6,44	Gaubenwände 1959_HWL50
18	Tür, ohne Ausrichtung	Außenluft	Kellertür	3,500	2,90	1,30	4,20	1,00	14,70	Standardtür 3,5
19	Tür, ohne Ausrichtung	Außenluft	Dachgeschoss	3,500	2,90	1,30	6,00	1,00	21,00	Standardtür 3,5
20	Tür, West	Außenluft	Haustür	3,500	2,90	1,30	6,87	1,00	24,05	Tür mit Einfach-Vergl.3,5
21	Fenster, Nord	Außenluft		3,000	1,30	0,95	8,56	1,00	25,68	Isolierglas_Fenster,3.0

P.	Bauteil	Einbau- zustand	Zusatz	U-Wert	max. U-Wert (EnEV)	max. U-Wert (KfW)	Fläche m ²	F _{xi}	H' _T	Konstruktion
				W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)			W/K	
22	Fenster, Ost	Außenluft		3,000	1,30	0,95	53,19	1,00	159,57	Isolierglas_Fenster,3.0
23	Fenster, Süd	Außenluft		3,000	1,30	0,95	8,56	1,00	25,68	Isolierglas_Fenster,3.0
24	Fenster, West	Außenluft		3,000	1,30	0,95	40,82	1,00	122,46	Isolierglas_Fenster,3.0

Tabelle 3 Übersicht der wärmeübertragenden Flächen

Der Gebäudetyp Mehrfamilienhaus mit Backsteinfassade verfügt über einen recht einheitlichen Sanierungsstand. Es wurden lediglich vereinzelt Sanierungen in Form von Giebelbekleidungen mit kunststoffgebundenen Flachverblendern, Hydrophobierungen der Giebelwände und Verlängerungen der Dachüberstände an den Giebelwänden durchgeführt.

In der Elmschenhagener Allee wurde ein Wohnblock mit außenseitiger Wärmedämmung und Putz bzw. Klinkerriemchen modernisiert.

Im Rahmen mehrerer Begehungen und mit Hilfe von Plangrundlagen des Bauaktenarchivs wurden die einzelnen Bauteile dieses Gebäudetyps näher untersucht. Sie zeichnen sich durch folgende Bauweise aus (Baugenehmigung 1939 und Wiederaufbau):

1. Außenwände
11 cm rotes Sichtmauerwerk, 1-2 cm Schalenfuge, 23 cm Kalksandstein-Hintermauerung, Innenputz;
Wiederaufbau: Hintermauerschale teilweise aus Trümmersplitt
2. Kellerdecken
15 cm Eisenbetonrippendecken / Hohlsteindecken 1.1.
Bodenbelag Wohnräume: Dielen auf Lagerhölzern, dazwischen 8 cm Koksasche, Bodenbelag Küchennische / Bad / Flur: Terrazzo oder Steinholzestrich
3. Haustüren
Holzrahmen, Einfach-Verglasung, keine umlaufenden Dichtungen, zum größten Teil noch die ursprünglichen Türen in der ursprünglichen Farbigkeit erhalten, teilweise Nachbildungen nach historischem Vorbild, jedoch mit Isolierverglasung
4. Fenster
Einflügelige, weiße Dreh-Kipp-Kunststofffenster mit herkömmlicher Zweischeiben-Isolierverglasung, im Treppenhaus häufig mit Einfach-Verglasung
5. Decke zum unbeheizten Dachboden
Stahlbetondecke mit Verbundestrich, teilweise oberseitig 5 - 10 cm Wärmedämmung
Holzbalkendecke mit Dielung
6. Dachschrägen / Gauben
5 cm Holzwolle-Leichtbauplatten, teilweise 5 - 10 cm Mineralwolle als Zwischensparrendämmung

7. Außenwände DG

11 cm rotes Sichtmauerwerk, 1 - 2 cm Luftschicht, 11 cm Kalksandstein-Hintermauerung, 5 cm Holzwohle-Leichtbauplatten, Innenputz;

Wiederaufbau: Hintermauerschale teilweise Trümmersplitt

8. Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Bereiche in Außenbauteilen, an denen der Wärmedurchgang größer ist, als in der sie umgebenden Bauteilfläche. Die Innenoberfläche an Wärmebrücken kühlt bei niedrigen Außentemperaturen stark ab.

Geometrische und konstruktive Wärmebrücken können auch bei gut gedämmten Gebäuden kaum ganz vermieden werden (z. B. Außenwandecken). Darüber hinaus sind keine besonderen Wärmebrücken vorhanden.

9. Luftdichtheit

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle hat einen großen Einfluss auf den Lüftungswärmebedarf. Unkontrollierter Luftwechsel, z. B. durch undichte Fugen und Anschlüsse, kann den Energiebedarf für die Beheizung des Hauses erheblich erhöhen.

Die massive Bauweise mit innen verputzten Wänden sichert eine weitgehende Luftdichtheit des Gebäudes im Erdgeschoss und im 1. Obergeschoss. Die Hüllflächen der Dachgeschosswohnungen wurden oftmals nachträglich gedämmt. In der Regel ist keine separate luftdichte Schicht (Folie o.ä.) vorhanden. Die Fenster wurden nicht luftdicht eingebaut, so dass im Bereich der Fenster von unkontrollierten Lüftungswärmeverlusten auszugehen ist.

In den weiteren Berechnungen wird von einer Luftwechselrate von $n=0,7$ 1/h ausgegangen.

6.6 Beschreibung der Heizungs- und Warmwasseranlage

Die zentrale Wärmeerzeugung erfolgt mittels eines gasbefeierten Heizungskessels im unbeheizten Keller. Die Umwälzpumpen sind nicht elektronisch geregelt. Das Rohrverteilungssystem ist als Zwei-Rohr-System ausgelegt. Die Rohrleitungen der horizontalen Verteilung verlaufen im unbeheizten Bereich. Die Rohrleitungen sind mäßig gedämmt.

Alle Räume der Wohnungen sind mit Flach-Heizkörpern und Thermostatventilen ausgestattet. Die Heizkörper sind unterhalb der Fenster installiert.

6.6.1 Heizungsanlage

Erzeuger

Nutzfläche An:	826,70 m ²
Baujahr:	2000
Leistung:	46,30 kW
Wärmeerzeugertyp:	Niedertemperatur-Kessel, neuer Standard, Aufstellung im unbeheizten Bereich
Kombibetrieb (auch WW):	nein
Brennstoffart:	Erdgas
Primärenergiefaktor:	1,10
Aufwandszahl:	1,084 e _p
Hilfsenergiebedarf:	1,24 kWh/(m ² a)
mittlere Kesseltemp.:	49,40 °C
mittlere Heizkreistemp.:	49,43 °C
Bereitschaftsverluste bei 70°:	0,920 %
Bereitschaftsverluste:	0,539 %
30 % Teillast Wirkungsgrad:	91,50 %
Kesselwirkungsgrad:	91,50 %

Verteilung

horizontale Verteilung:	außerhalb / mäßiggedämmt
Strangleitung:	innerhalb / mäßiggedämmt
Anbindeleitung:	innerhalb / mäßiggedämmt
spezif. Wärmebedarf:	12,58 kWh/(m ² a)
Hilfsenergiebedarf:	0,66 kWh/(m ² a)

Länge	fa	U-Wert
69,80 m	1,00	0,40 W/(m ² K)
62,00 m	0,15	0,40 W/(m ² K)
454,70 m	0,10	0,60 W/(m ² K)

Tabelle 4 U-Werte Heizungsanlage

Übergabe

Art der Übergabe: Thermostatventile, Proportionalbereich 2K,
Außenwandbereich
spezif. Wärmebedarf: 3,3 kWh/(m²a)

6.6.2 Warmwasseranlage 1

Die Warmwasserbereitung erfolgt mittels Elektrodurchlauferhitzer, die in den Küchen der Wohnungen installiert sind. Wegen der kurzen Rohrleitungen sind die Verteilungsverluste sehr gering.

Erzeuger

Nutzfläche An: 55,11 m² (je Wärmeerzeuger)
Baujahr: 2000
Leistung: 21 kW
Wärmeerzeugertyp: 15 x Elektrodurchlauferhitzer
Brennstoffart: Strom allgemein
Primärenergiefaktor: 2,40
Aufwandszahl: 1,00 e_p

Verteilung ohne Zirkulation

horizontale Verteilung: keine horizontale Verteilung
Strangleitung: keine Strangleitungen
Stichleitung: zwei Räume, gemeinsame Installationswand /
mäßiggedämmt
spezif. Wärmebedarf: 2,05 kWh/(m²a)
Heizwärmegutschrift: 1,29 kWh/(m²a)

Länge	fa	U-Wert
0,00 m	0,00	0,00 W/(m ² K)
0,00 m	0,00	0,00 W/(m ² K)
2,80 m	0,10	0,40 W/(m ² K)

Tabelle 5 U-Werte Wasseranlage 1

7 Energiebilanz des bestehenden Gebäudes

Der untersuchte Gebäudetyp hat einen spezifischen Heizwärmebedarf von ca. 167 kWh/(m²a).

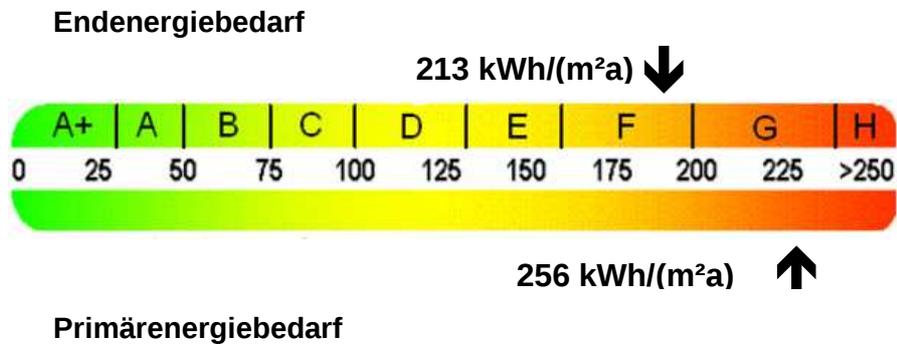
Ein vergleichbares Gebäude nach Energieeinsparverordnung gebaut hätte einen Heizwärmebedarf von ca. 50 kWh/(m²a). Der spezifische Energiebedarf - incl. Warmwassererwärmung und Verlusten des Heizungssystems - beträgt 213,24 kWh/(m²a).

Der spezifische Primärenergiebedarf berücksichtigt zusätzlich die Verluste, die durch vorgelagerte Prozesse wie z. B. Energieerzeugung bzw. -umwandlung entstehen. Dieser Kennwert liegt bei 255,95 kWh/(m²a).

Bei den oben angegebenen Werten (spezifischer Heizwärmebedarf, Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf) handelt es sich um Rechenwerte basierend auf der EnEV₂₀₁₄. Der tatsächliche Verbrauch wird stark durch das individuelle Nutzerverhalten beeinflusst und weicht in der Regel davon ab. Dies hat insbesondere Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen. Bei geringerem Energieverbrauch werden in der Regel auch geringere Energieeinsparungen erzielt. Bei gleich bleibenden Investitionskosten bedeutet dies längere Amortisationszeiten.

Die Nutzungsrandbedingungen der EnEV gehen von einer durchschnittlichen Personenbelegung von 21 Personen und einer vollständiger Beheizung des Gebäudes aus.

7.1 Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV



	Referenzgebäude *	Gebäude vor Sanierung	Abweichung vom Referenzgebäude
Primärenergiebedarf Q_P	66,770 kWh/(m²a)	255,950 kWh/(m²a)	383 %
Transmissionswärmeverlust H_T	0,380 W/(m²K)	1,310 W/(m²K)	349 %

Tabelle 6 Einstufung gemäß Neubaustandard EnEV

* das Referenzgebäude beschreibt den Neubaustandard nach EnEV

7.2 Endenergiebedarf

Im Folgenden werden alle Energieverluste und -gewinne des Gebäudes dargestellt.

Transmissionsverluste	164.906,37 kWh/a
Lüftungsverluste	38.564,72 kWh/a
Heizungsverluste	24.668,26 kWh/a
Warmwasser Nutzwärmebedarf	10.333,75 kWh/a
Warmwassererwärmung Verluste	1.694,73 kWh/a
Summe Verluste	240.167,83 kWh/a
solare Gewinne	19.158,10 kWh/a
interne Gewinne	26.703,33 kWh/a
Nachtabenkung	15.333,62 kWh/a
zugeführte Heizenergie	162.686,56 kWh/a
zugeführte Energie Warmwassererwärmung	12.028,48 kWh/a
Summe Gewinne	240.167,83 kWh/a

Tabelle 7 Energiebilanz Gebäude

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

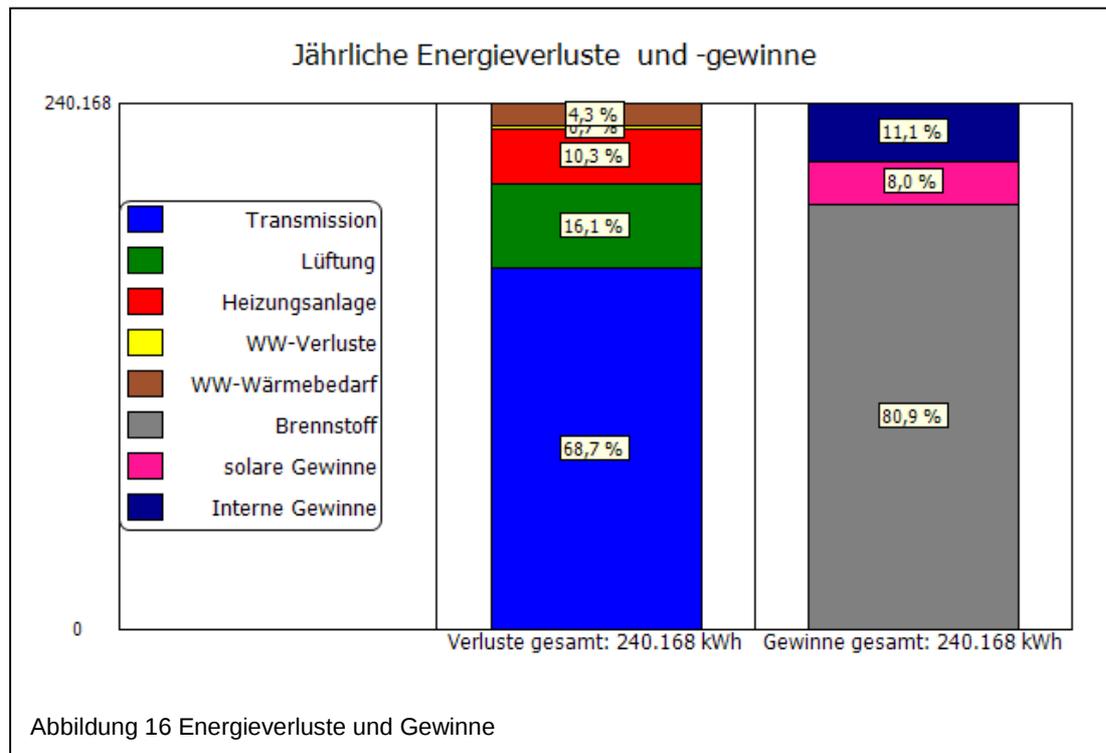
Heizwärmebedarf	138.018,30 kWh/a
Endenergiebedarf	176.285,78 kWh/a
Primärenergiebedarf	211.593,33 kWh/a
Aufwandszahl, primärenergiebezogen	1,43 e_p

Tabelle 8 spezifische Kennzahlen

Der **Endenergiebedarf** bezeichnet die berechnete Energiemenge, die der Heizung und der Anlage für die Warmwasserbereitung zur Verfügung gestellt werden muss, um die festgelegte Rauminnentemperatur und die Erwärmung des Warmwassers über das ganze Jahr sicherzustellen (inkl. Hilfsenergie, i.d.R. Strom).

Die Endenergie wird an der „Schnittstelle“ Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die vom Verbraucher bezahlt werden muss.

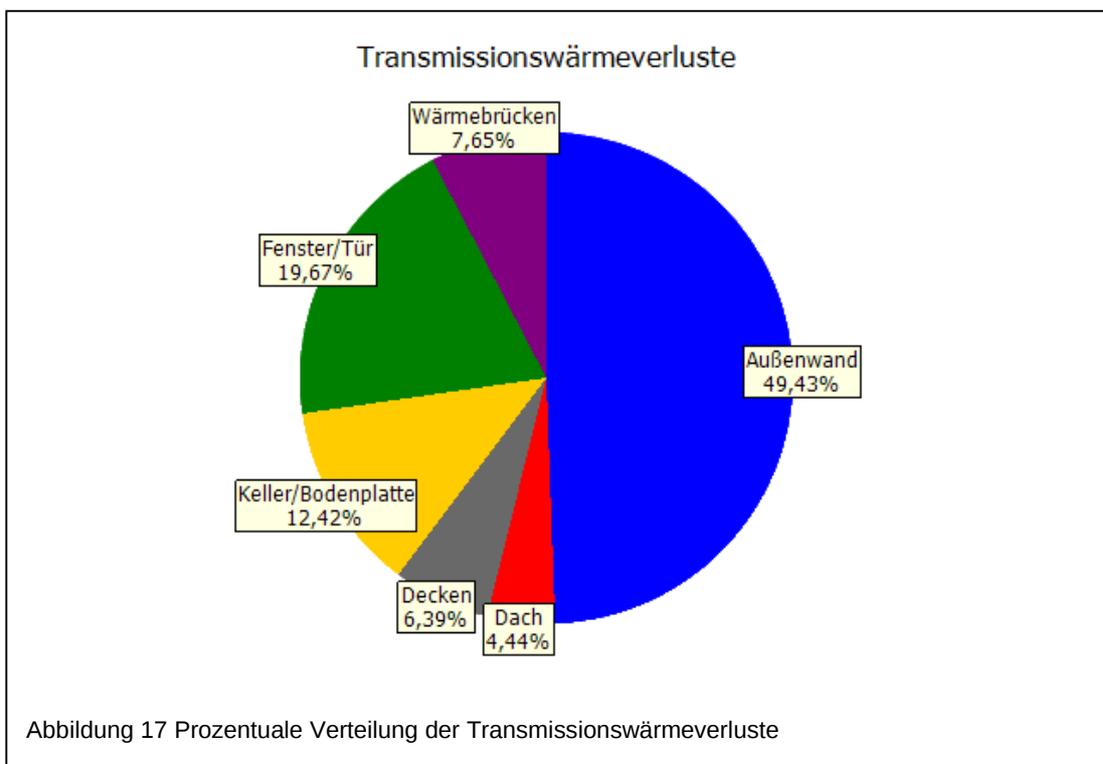
Die Energiemenge, die zusätzlich zum Energiegehalt des Brennstoffs und den Hilfsenergien für die Anlagentechnik, auch die Energiemengen einbezieht, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes (Gewinnung, Umwandlung, Verteilung) entstehen, wird als **Primärenergiebedarf** bezeichnet).



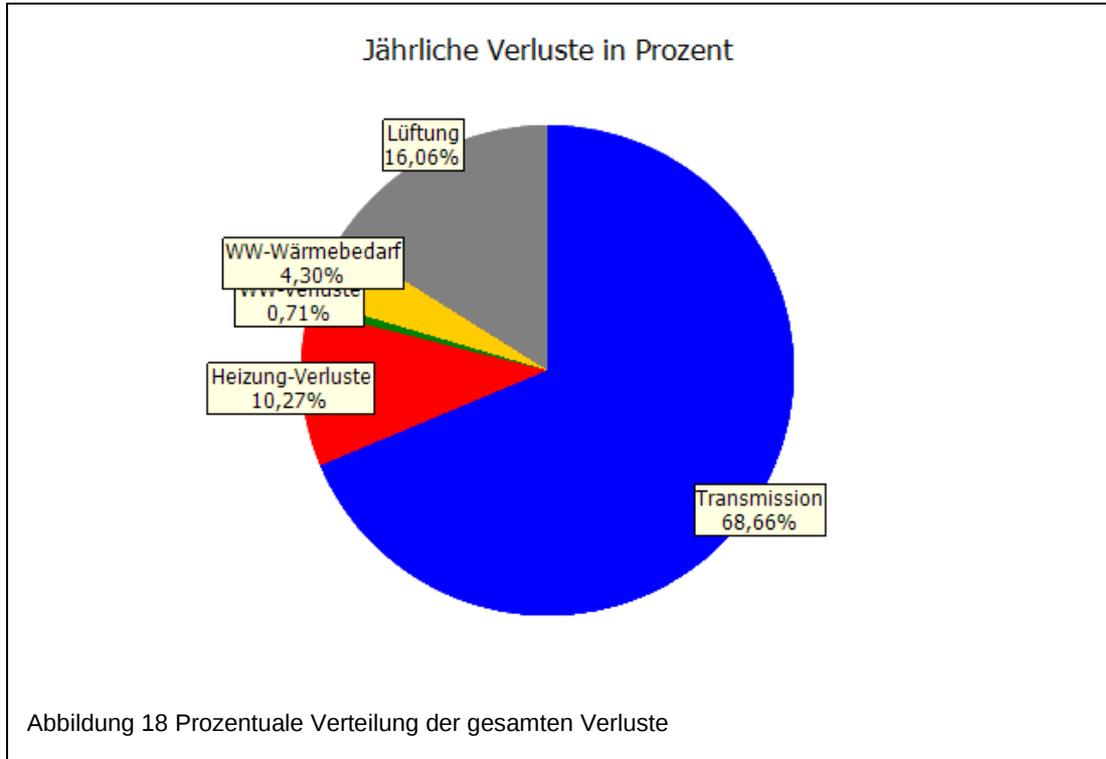
Die wenig gedämmte Gebäudehülle verursacht mit 68,7 % den größten Anteil an den gesamten Energieverlusten des Gebäudes. Diese sogenannten Transmissionswärmeverluste entstehen durch das Abwandern von Wärme aus beheizten Räumen durch die Bauteile hindurch nach außen.

Die Energie für die Beheizung des Gebäudes und die Warmwasserbereitung wird zu 80,9 % aus dem zugeführten Brennstoff erzeugt. Der restliche Anteil wird durch solare und interne Wärmegewinne abgedeckt.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Aufteilung der gesamten Transmissionsverluste auf die einzelnen Bauteilgruppen.



Durch die Außenwände geht fast die Hälfte der Wärme verloren. Die Fenster und Hauseingangstüren sind für ca. 19,67 % der Transmissionswärmeverluste verantwortlich.



8 Modernisierungsvarianten

8.1 Übersicht der Energie- und Kosteneinsparung

In der folgenden Tabelle sind die Prognose der Energiekosten für Heizung und Warmwasser nach Sanierung und die prognostizierte Energiekosteneinsparung den energetisch bedingten Sanierungskosten gegenübergestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten zur Energiekosteneinsparung ergibt sich die Amortisationszeit. Je kleiner die Amortisationszeit, desto wirtschaftlicher ist die Maßnahme. Es entspricht einer statischen Amortisation ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreissteigerungen und dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen untereinander. Bei vermieteten Objekten tragen die Vermieter und Vermieterinnen oftmals einen Teil der Investitionskosten, während die Energiekosten der Mieter und Mieterinnen gesenkt werden.

Die zugrunde gelegten Investitionskosten beziehen sich auf ein Gebäude des untersuchten Gebäudetyps.

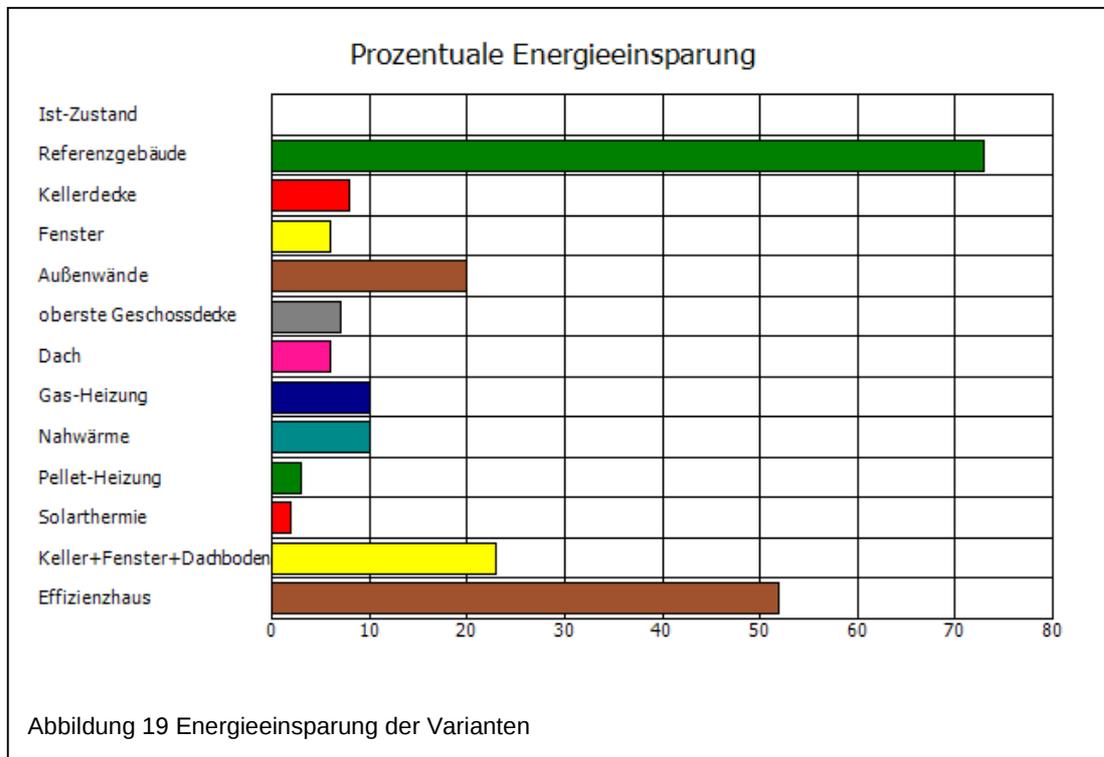
Bei der Kostenaufstellung ist zu beachten, dass die aufgeführten Kosten die reinen Kosten für die energetischen Maßnahmen darstellen. Ohnehin erforderliche Instandhaltungskosten (z. B. für die Dachdichtung) sowie Kosten für Erdarbeiten, Gerüste etc. wurden nicht berücksichtigt.

Variante	Jährliche Energiekosten €/a	Investitionskosten* €	Jährlicher Endenergiebedarf kWh/a	Jährliche Energieeinsparung %	jährliche Energiekosteneinsparung €	Amortisation a
Ist-Zustand	16.847,00	0,00	176.286	0,00	0,00	0,00
Referenzgebäude	4.964,00	0,00	47.700	73,00	11.883,00	0,00
Kellerdecke	15.739,00	20.000,00	162.355	8,00	1.108,00	18,00
Fenster	15.973,00	10.000,00	165.242	6,00	875,00	11,40
Außenwände	14.016,00	65.000,00	140.568	20,00	2.831,00	23,00
oberste Geschossdecke	15.826,00	20.000,00	163.389	7,00	1.021,00	19,60
Dach	16.057,00	15.000,00	166.299	6,00	791,00	19,00
Gas-Heizung	15.374,00	20.000,00	157.841	10,00	1.474,00	13,60
Nahwärme	15.158,00	10.000,00	159.313	10,00	1.689,00	5,90
Pellet-Heizung	14.635,00	35.000,00	170.605	3,00	2.212,00	15,80
Solarthermie	14.209,00	40.000,00	172.717	2,00	2.638,00	15,20
Keller + Fenster + Dachboden	13.682,00	50.000,00	136.512	23,00	3.166,00	15,80
Effizienzhaus	7.503,00	155.000,00	85.155	52,00	9.344,00	16,60

Tabelle 9 Variantenübersicht

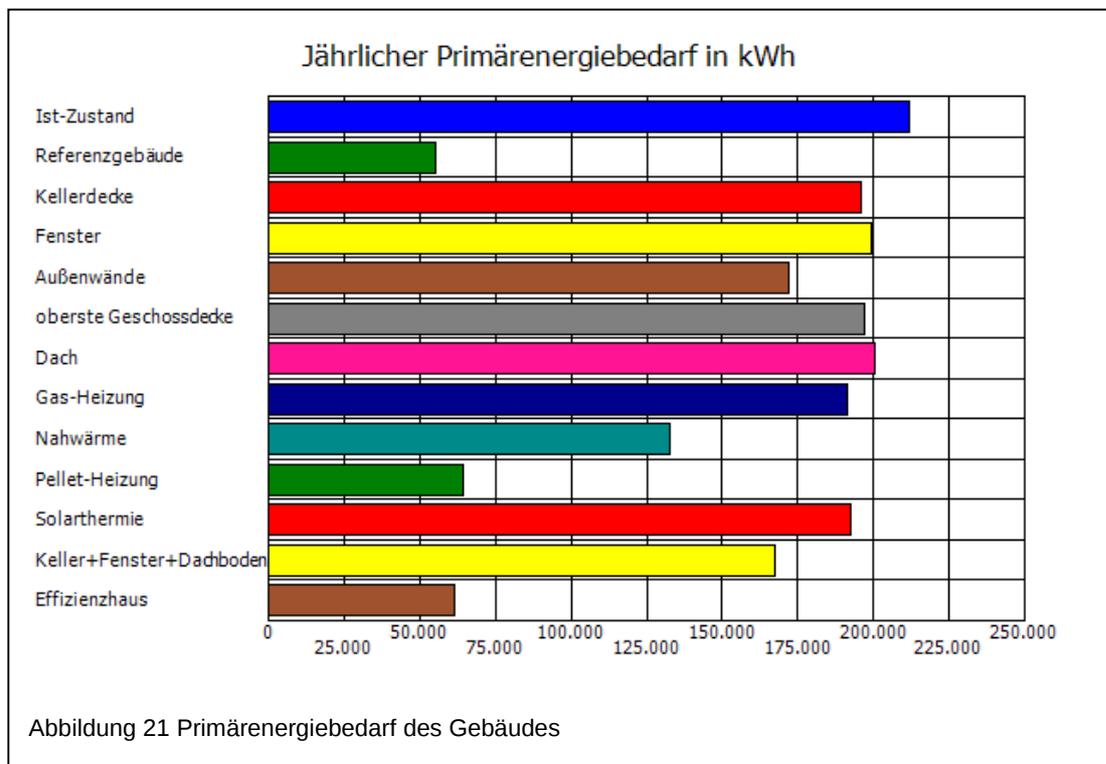
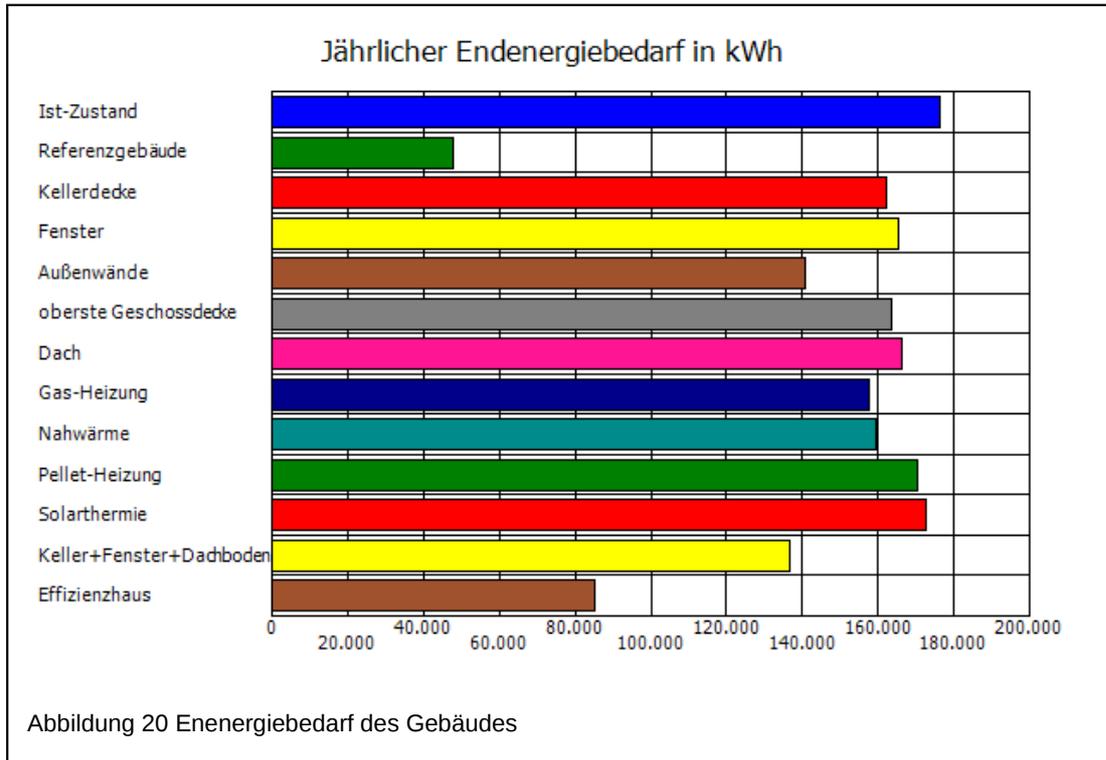
* Investitionskosten für sowieso anstehende Sanierungen wurden bei den aufgeführten Investitionskosten bereits abgezogen

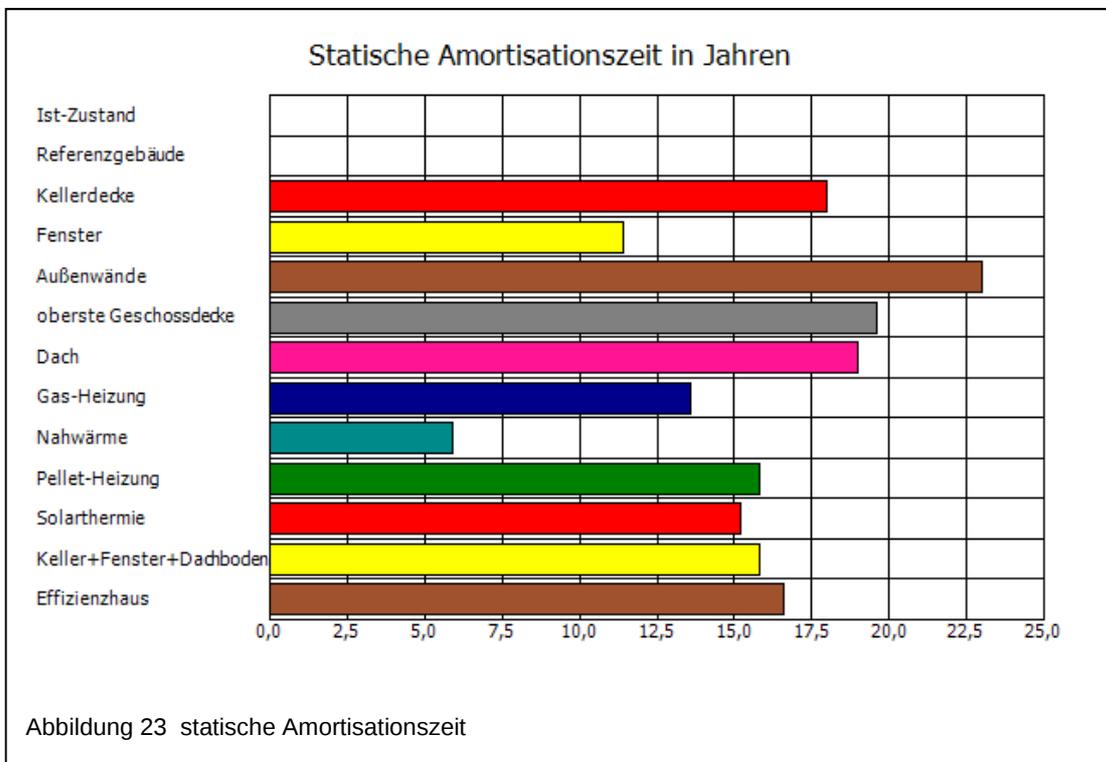
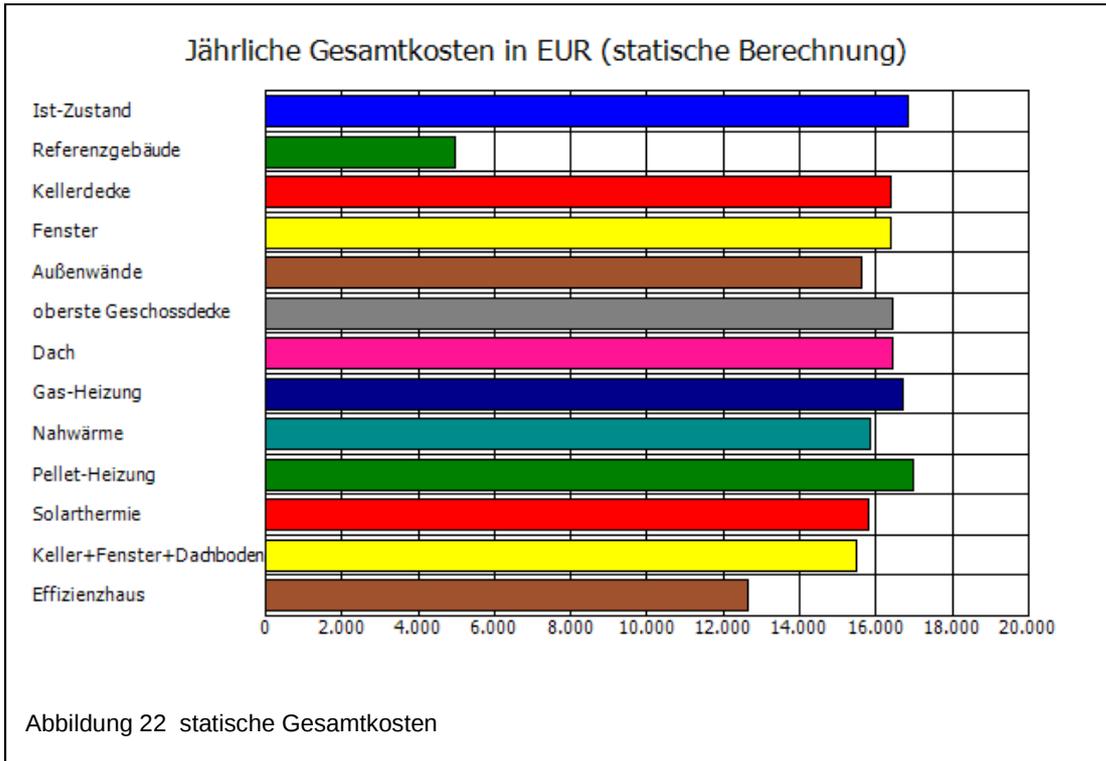
8.2 Grafiken Energie- und Kosteneinsparung

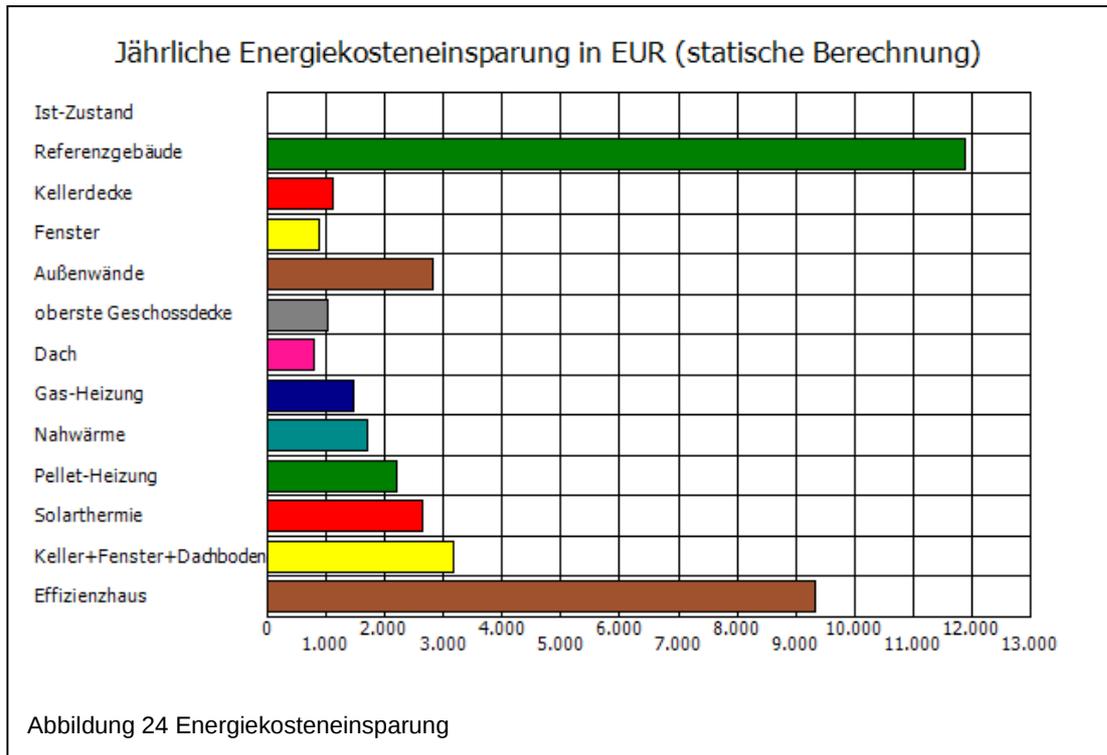


Mit der Modernisierung zum KfW-Effizienzhaus Denkmal kann eine Energieeinsparung von 52 % erzielt werden.

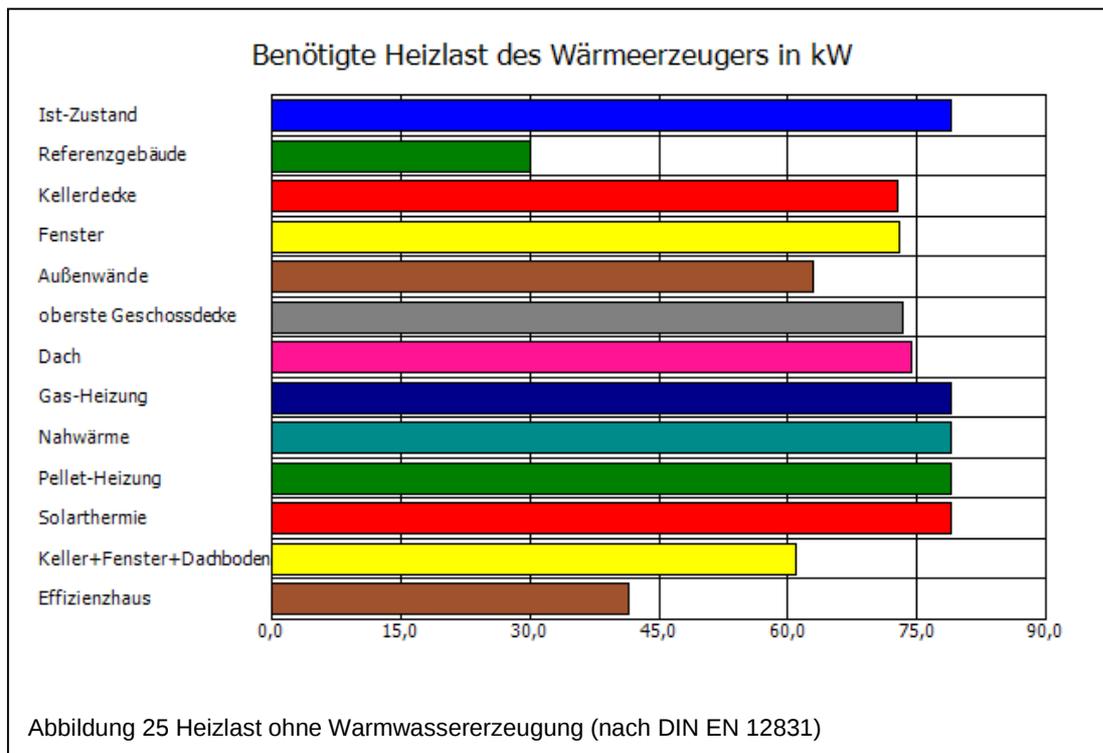
Der Endenergiebedarf kann von 176.286 kWh/a des Ist-Zustandes auf ca. 88.155 kWh/a des modernisierten Gebäudes (Variante Effizienzhaus) verringert werden.







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



Die Heizlast kann von 80 kW für den Ist-Zustand auf ca. 42 kW für das modernisierte Gebäude (Variante Effizienzhaus) verringert werden.

8.3 Kostengrundlage

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden folgende Kosten angesetzt:

Energiepreisteuerung	6,00 %
Zinssatz	1,00 % (KfW)
Betrachtungszeitraum	15,0 a

Tabelle 10 Energiepreissteigerung und Zinssatz

Die Energiepreise unterliegen starken Schwankungen. Bei der den Berechnungen zugrunde liegenden Teuerungsrate handelt es sich um eine Prognose. Die tatsächliche Preisentwicklung kann auf Grund unvorhersehbarer Ereignisse davon abweichen.

Energieträger	Grundkosten in EUR/Jahr	Verbrauchskosten EUR/kWh
Erdgas	350,00	0,078
Flüssiggas	0,00	0,07
Heizöl	500,00	0,085
Steinkohle	0,00	0,05
Braunkohle	0,00	0,05
Tagstrom	77,40	0,28
Nachtstrom	77,40	0,22
Fern/Nahw. KWK fossil	1250,00	0,071
Fern/Nahw. KWK ern.	0,00	0,09
Fern/Nahw. HW fossil	0,00	0,09
Fern/Nahw. HW ern.	0,00	0,09
Holz	0,00	0,05
Holz-Pellets	1400,00	0,06

Tabelle 11: Kosten in EUR

8.4 KfW Förderungsübersicht

Um die finanzielle Belastung durch die Investitionskosten bei energetischen Modernisierungsmaßnahmen zu reduzieren, bietet die KfW zinsvergünstigte Kredite im Förderprogramm „Energieeffizient Sanieren- Kredit“ (Programmnummer 151 und 152) an. Antragsberechtigt sind z. B. Privatpersonen, Wohnungsunternehmen und Wohnungseigentümergeinschaften. Für Privatpersonen steht alternativ die Zuschussvariante (Programm 430) zur Verfügung.

Es können sowohl Einzelmaßnahmen als auch KfW-Effizienzhaus-Niveaus gefördert werden. Eine Voraussetzung ist die Einhaltung der technischen Mindestanforderungen der KfW. Diese muss von einem Sachverständigen bestätigt werden. Die Backsteingebäude der ursprünglichen Siedlung Elmschenhagen Süd sind als besonders erhaltenswerte Bausubstanz eingestuft worden. Ausnahmen von den technischen Mindestanforderungen sind mit einer zusätzlichen Bestätigung seitens der Stadt Kiel ebenfalls förderfähig.

Der maximale Kreditbetrag beträgt 75.000 € pro Wohneinheit bei einer Sanierung zum KfW-Effizienzhaus und 50.000 € pro Wohneinheit bei Einzelmaßnahmen.

Für die energetische Fachplanung und Baubegleitung während der Sanierungsphase durch einen externen Sachverständigen gewährt die KfW einen Zuschuss von max. 4.000 € pro Vorhaben („Energieeffizient Sanieren – Baubegleitung“, Programmnummer 431).

	EnEV*	KfW 115	KfW 100	KfW 85	KfW 70	KfW 55
Q _p zul.	66,77	66,77 * 1,15 = 76,790	66,77 * 1,00 = 66,770	66,77 * 0,85 = 56,750	66,77 * 0,70 = 46,740	66,77 * 0,55 = 36,720
H' _T zul.	0,375	0,375 * 1,30 = 0,488	0,375 * 1,15 = 0,431	0,375 * 1,00 = 0,375	0,375 * 0,85 = 0,319	0,375 * 0,70 = 0,263

Tabelle 12 Anforderungswerte für die KfW-Effizienzhäuser

* EnEV 2014 , Anlage 1, Tabelle 1

Variantenname	Q _p * vorh.	H _T * vorh.	KfW-Haus Niveau
Ist-Zustand	255,950	1,307	-
Referenzgebäude	66,770	0,375	-
Kellerdecke	237,240	1,183	KfW-Einzelmaßnahmen
Fenster	241,150	1,184	KfW-Einzelmaßnahmen
Außenwände	208,070	0,982	KfW-Einzelmaßnahmen
oberste Geschossdecke	238,670	1,192	KfW-Einzelmaßnahmen
Dach	242,570	1,215	KfW-Einzelmaßnahmen
Gas-Heizung	231,130	1,307	KfW-Einzelmaßnahmen
Nahwärme	160,450	1,307	KfW-Einzelmaßnahmen
Pellet-Heizung	77,550	1,307	keine KfW-Förderung, Bafa-Förderung
Solarthermie	232,830	1,307	keine KfW-Förderung
Keller + Fenster + Dachboden	202,530	0,941	KfW-Einzelmaßnahmen
Effizienzhaus Denkmal	74,140	0,543	KfW-Effizienzhaus Denkmal

Tabelle 13 Förderübersicht der Varianten (Stand Juni 2015)

* Primärenergie und Transmissionswärmeverlust

Bestand - KfW-Effizienzhaus	Prozentualer Anteil an Ihrem Darlehensbetrag
KfW-Effizienzhaus 55	22,50 %
KfW-Effizienzhaus 70	17,50 %
KfW-Effizienzhaus 85	12,50 %
KfW-Effizienzhaus 100	10,00 %
KfW-Effizienzhaus 115	7,50 %
KfW-Effizienzhaus Denkmal	7,50 %

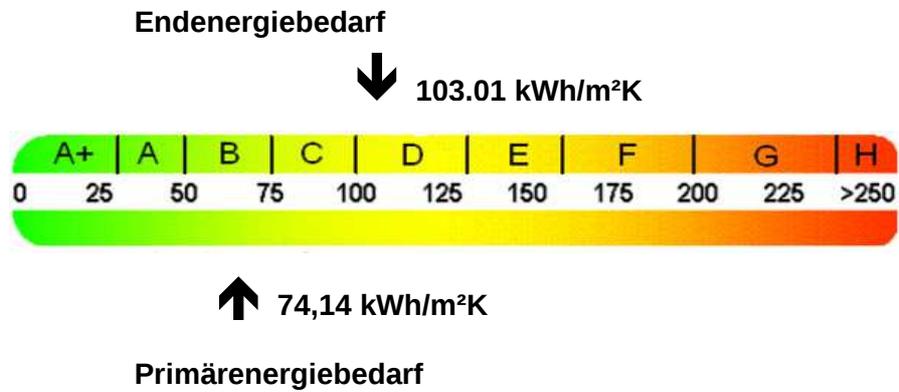
Tabelle 14 Teilschulderlass (Kreditvariante) (Stand Juni 2015)

Bestand - KfW-Effizienzhaus	Prozentualer Anteil an Ihrem Darlehensbetrag
KfW-Effizienzhaus 55	25,00 %
KfW-Effizienzhaus 70	20,00 %
KfW-Effizienzhaus 85	15,00 %
KfW-Effizienzhaus 100	12,50 %
KfW-Effizienzhaus 115	10,00 %
Einzelmaßnahmen	10,00 %

Tabelle 15 Direkter Zuschuss (ohne Kredit) (Stand Juni 2015)

Der Investitionszuschuss darf nur für **Ein- und Zweifamilienhäuser** mit maximal 2 WE beantragt werden oder für eine **Wohnungseigentümergeinschaft**, die aus Privatpersonen besteht.

8.5 Komplettsanierung des Gebäudes zum Effizienzhaus



Bei der kompletten energetischen Sanierung des Gebäudes wird das Niveau „KfW-Effizienzhaus Denkmal“ erreicht.

	Referenz- gebäude	Ihr Gebäude nach Sanierung	Verhältnis zum Referenz- gebäude ¹	Anforderung an KfW-Haus ²
Primärenergiebedarf Q_P in kWh/(m ² a)	66,770	74,140	111 %	160 %
Transmissionswärmeverlust H'_T in W/(m ² K)	0,375	0,543	145 %	175 %

Tabelle 16 Einstufung der Variante

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

Bezeichnung	
Beheiztes Volumen	2583,49 m ³
Bezugsfläche An	826,70 m ²
Hüllfläche	1528,47 m ²
Fensterfläche	111,13 m ²
Türfläche	17,07 m ²
Wärmebrücken	0,10 W/(m ² K)
Bauart	schweres Gebäude - C _{wirk} = 50 Wh/m ² K * Ve

Tabelle 17 Übersicht der Gebäudedaten für das KfW-Effizienzhaus

8.6 Empfohlene Maßnahmen- Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei einer Komplettsanierung kann ein KfW-Effizienzhaus Denkmal erreicht werden. Die Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2014 werden von allen Bauteilen erfüllt. Die Standards der Innovativen Bauausstellung (InBA-Standards) werden bezüglich der Wärmeversorgung erfüllt. Um das Ortsbild in Elmschenhagen-Süd zu erhalten, werden Maßnahmen an der Gebäudehülle empfohlen, die den InBA-Standards nicht entsprechen.

Für eine energetische Modernisierung empfiehlt es sich zunächst, die Decken und Wände zum unbeheizten Spitzboden mit Wärmedämmung auszustatten. Diese Maßnahme kann ohne großen Aufwand und mit vergleichsweise geringen Investitionskosten durchgeführt werden.

Die Kellerdecken sollten durch eine unterseitig angebrachte Wärmedämmung energetisch verbessert werden. Wegen der Rippenkonstruktion der Decken, ist diese Maßnahme jedoch aufwändiger und kostenintensiver als bei den in späteren Baualterklassen üblichen Stahlbetondecken. Um die ohnehin schon niedrige lichte Höhe in den Kellerräumen nicht zu stark zu beeinträchtigen, sollte die Wärmedämmung max. 8 cm dick sein. Alternativ könnte die Wärmedämmung auch oberseitig, d.h. zwischen den Lagerhölzern der Holzdielung, eingebracht werden.

Der Einbau von Wärmeschutzfenstern ist nur bei einem sowieso anstehenden Austausch der Fenster wirtschaftlich darstellbar und sollte immer mit flankierenden Maßnahmen zumindest an

den raumseitigen Fensterlaibungen einhergehen. Entsprechend dem historischen Vorbild sollten zweiflügelige Sprossenfenster (z. B. als Stulpfenster) eingebaut werden. Die Haustüren sollten soweit möglich erhalten bleiben und mittels umlaufender Dichtungen energetisch ertüchtigt werden.

Die Dachflächen der beheizten Dachräume sollten im Zuge einer sowieso anstehenden Neueindeckung mit einer kombinierten Zwischensparren- und Untersparrendämmung gedämmt und luftdicht ausgeführt werden.

Trotz der schlichten Gestaltung der Backsteinfassaden sind diese im hohen Maße prägend für die Siedlung Elmschenhagen Süd. Wegen der hohen Wärmeverluste, die verschiedentlich auftretenden Feuchtigkeitsprobleme - insbesondere an den Giebelwänden - und die von vielen Bewohnerinnen und Bewohnern als unbehaglich empfundenen kalten Innenoberflächen, ist eine energetische Verbesserung der Außenwände unumgänglich. Eine Außendämmung- auch mit vorgesetzten keramischen Klinker-Riemchen - hätte eine Beeinträchtigung des Stadtbildes zur Folge und wird aus ästhetischen und denkmalpflegerischen Gründen nicht empfohlen. Ohne gestalterische Auswirkungen bliebe alternativ eine nachträgliche Wärmedämmung auf den Innenseiten der Außenwände. Geeignete kapillaraktive Dämmstoffe sind mittlerweile am Markt etabliert.

Zusätzlich zu den energetischen Gewinnen werden im Rahmen der Komplettsanierung die Wärmebrücken am Gebäude stark reduziert. Dieses führt zur Vermeidung von Feuchtigkeit und Schimmelbefall in den Gebäudeecken sowie zur Vermeidung von kalten Oberflächen an den Innenseiten der Bauteile.

Da sich durch die Sanierungsmaßnahmen die Luftdichtheit des Gebäudes erhöht und so der Mindestluftwechsel nicht mehr alleine durch die Infiltration der Gebäudehülle sichergestellt werden kann, ist ein Lüftungskonzept zum Mindestfeuchteschutz erforderlich.

Die Heizwärme- und Warmwasserversorgung sollte über einen Anschluss an ein Nahwärmenetz (Kraft-Wärme-Kopplung) erfolgen. Die Heizungsanlage sollte durch den Einbau von Hocheffizienzpumpen, Dämmung der Wärme führenden Rohrleitungen und die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs optimiert werden.

Durch den Einbau entsprechend dimensionierter Heizkörper sollte die Vorlauf-Temperatur gesenkt werden, um das Nahwärmenetz effizienter betreiben zu können.

8.7 Umsetzbarkeit der Maßnahmen

Eine Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen ist bautechnisch ohne Einschränkungen möglich.

Bei Verwendung eines Innendämmsystems können die ortsbildprägenden roten Backsteinfassaden erhalten bleiben. Diese Maßnahme kann jedoch i.d.R. nur bei leer stehenden Wohnungen durchgeführt werden. Bei den Wohnungseigentümergeinschaften sollte vor der Ausführung einer Innendämmung geklärt werden, ob lediglich Sondereigentum oder auch gemeinschaftliches Eigentum betroffen ist (z. B. Dämmung in der Geschossdeckenebene zur Vermeidung von Wärmebrücken oder Verlegen von Heizungssträngen).

Die teilweise vorhandene Brauchwarmwasserversorgung über Elektrodurchlauferhitzer ist wegen des vergleichsweise hohen Primärenergiebedarfs und der hohen CO₂-Emissionen nicht geeignet, um die KfW-Effizienzhausstandards und den InBA-Standard einzuhalten. Auch um die entsprechenden Fördermittel zu erhalten, wäre eine Umstellung auf eine zentrale Warmwasserbereitung empfehlenswert. Der Endenergiebedarf wird wegen der zusätzlichen Bereitstellungs- und Leitungsverluste jedoch nicht gesenkt. Zudem ist bei einer zentralen Warmwasserbereitung die Einhaltung der Trinkwasserhygiene (Legionellen) aufwändiger als bei den Elektrodurchlauferhitzern. Die Umsetzung dieser Maßnahme geht mit der Verlegung von zusätzlichen Steigsträngen innerhalb der Wohnungen einher und kann im Einzelfall zu sehr hohen Folgekosten (z. B. für Fliesen-, Sanitär- und Malerarbeiten) führen.

Bei vermieteten Objekten kommt die Kostenersparnis durch die Umstellung von Strom auf Nahwärme (oder auch Gas) dem Mieter/in zu Gute, die Investitionskosten muss aber der Vermieter/in tragen. Dies kann als zusätzliches Hemmnis der Umsetzung im Wege stehen.

9 Maßnahmenbeschreibung Mehrfamilienhaus Backstein

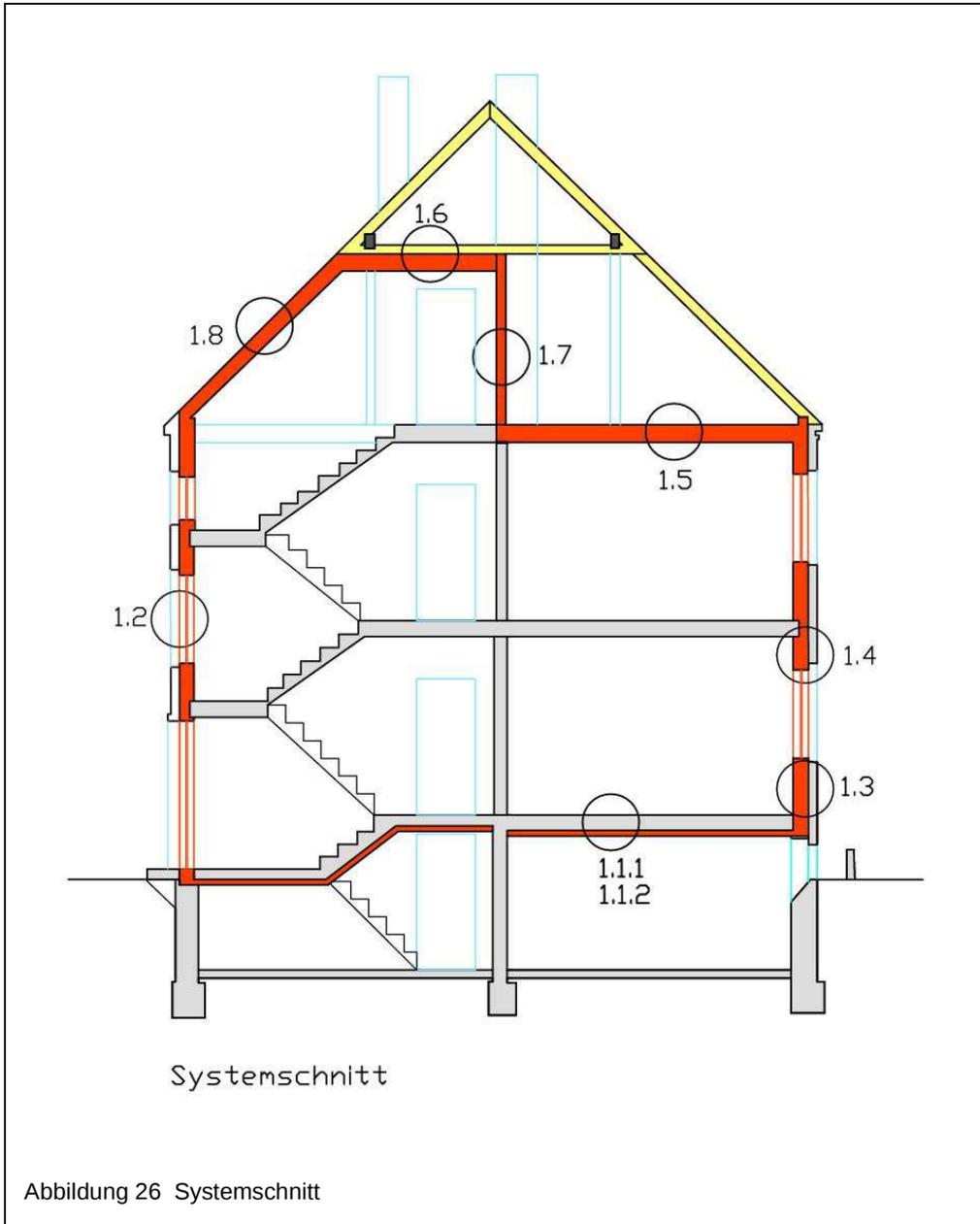
Bei den Kosten der einzelnen Maßnahmen wurde davon ausgegangen, dass die Maßnahmen von Fachbetrieben durchgeführt werden. Bei einigen Maßnahmen bietet sich eine Durchführung in Eigenleistung jedoch an. Die angegebenen Kosten stellen grobe Richtwerte dar und ersetzen keine Kostenschätzung nach DIN 276 bzw. der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI).

Die angegebenen Energieeinsparpotentiale und die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Varianten beziehen sich jeweils auf den angenommen, typischen Ist-Zustand (Variante 1). Der vorhandene Modernisierungsstand eines Gebäudes kann davon abweichen. Dies hat auch Einfluss auf das Einsparpotential und die Amortisationszeiten.

Der nachfolgende Systemschnitt dient als Übersicht für die baukonstruktiven Detail-Skizzen 1.1. bis 1.8. bzw. Abbildung 27 bis Abbildung 35. Die einzelnen Detailskizzen sind den jeweiligen Modernisierungsvarianten zugeordnet.

9.1 Systemschnitt - Bauteile

Darstellung des Gebäudeschnittes mit den Bauteilen der nachfolgenden Modernisierungsbeispiele.



Nr.	Material / Bauteil	Sollwert EnEV 2014 [W/(m ² K)]	Bestand IST [W/(m ² K)]	Sanierung NEU [W/(m ² K)]
1.1.1	Kellerdecke - Dielen	U = 0,300	U = 0,829	U = 0,230
1.1.2	Kellerdecke - Terrazzo	U = 0,300	U = 2,039	U = 0,270
1.2	Fenster	U = 1,300	U = 3,000	U = 1,300
1.3	Aussenwand	U = 0,240	U = 1,729	U = 0,590
1.4	Aussenwand	U = 0,240	U = 1,729	U = 0,590
1.5	Oberste Geschossdecke, Stahlbeton	U = 0,240	U = 0,647	U = 0,140
1.6	Oberste Geschossdecke, Holzbalken	U = 0,240	U = 0,533	U = 0,140
1.7	Innenwand zum unbeheizten Dachraum	U = 0,240	U = 2,466	U = 0,230
1.8	Dach	U = 0,240	U = 0,526	U = 0,230
	Heizungsanlage	Gesonderte Betrachtung		
<p>HINWEIS: Die nachfolgend dargestellten Detailskizzen entsprechen den in dem Berechnungsmodell zu Grunde gelegten energetischen Sanierungsaufbauten. Für die Verwendung vor Ort müssen die Gegebenheiten genau geprüft werden. In manchen Fällen empfiehlt es sich einen Bauphysiker und / oder einen Bauingenieur / Statiker / Architekten zu Rate zu ziehen. Die dargestellten Details stellen eine Möglichkeit der Sanierung dar, d.h. sie sind zu überprüfen und objektbezogen anzupassen.</p>				

Tabelle 18 Bauteile, Systemschnitt

9.2 Variante 1 – Ist-Zustand

Beschreibung

Der Ist-Zustand beschreibt den derzeitigen Zustand des Gebäudes.

9.2.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Energie

Energiebedarf:	176.285,780 kWh/a
Energiekosten:	16.847,33 €/a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	255,950 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H'_{T} :	1,307 W/(m ² K)

9.3 Variante 2 – Referenzgebäude EnEV 2014

Beschreibung

Das Referenzgebäude ist ein fiktives Bauwerk gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung wie das bestehende Gebäude. Die Ausführung entspricht dem Standard eines neu errichteten Gebäudes. Es gibt den Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs vor, der z. B. bei umfangreichen Modernisierungen (Änderungen gemäß EnEV §9) um maximal 40 % überschritten werden darf.

9.3.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Energie

Energiebedarf:	47.700,440 kWh/a
Energieeinsparung:	128.585,340 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	72,94 %
Energiekosten:	4.964,00 €/a
Energiekosteneinsparung:	11.883,33 €/a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	66,770 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H'_{T} :	0,375 W/(m ² K)

9.4 Variante 3 – Kellerdecke

Maßnahmen dieser Varianten:

- Kellerdecke
Unterseitig mit 8 cm dämmen, Wärmeleitgruppe (WLG) 024 Polyurethan-Hartschaumplatte (PUR), neuer U-Wert: 0,23-0,27 W/(m²K)
- Kellerabgang (Treppenlauf, Innenwände)
mit 8 cm dämmen, WLG 024, neuer U-Wert: 0,23-0,27 W/(m²K)

An die Unterseite der Kellerdecke werden Dämmstoffplatten (z. B. Polystyrol-, Polyurethanhartschaum- oder Mineralwolleplatten) fugenfrei geklebt oder gedübelt. Bei zweilagiger Verlegung können Flächen, unter denen Leitungen verlaufen, leichter nachträglich gedämmt werden. Um Wärmebrücken zu vermeiden, sollte der Dämmstoff auch ca. 50 cm an den einbindenden Wänden angebracht werden. Die Maßnahme verringert die lichte Höhe der Kellerräume auf ca. 1,88 m. Die seitlichen Wände der Kellerabgänge und die Läufe der Kellertreppen werden ebenfalls gedämmt. Die Kellertür wird mit einer umlaufenden Dichtung versehen.

9.4.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten: 20.000,00 €

Energie

Energiebedarf: 162.354,900 kWh/a
Energieeinsparung: 13.930,880 kWh/a
Proz. Energieeinsparung: 7,90 %
Energiekosten: 15.739,01 €/a
Energiekosteneinsparung: 1.108,32 €/a

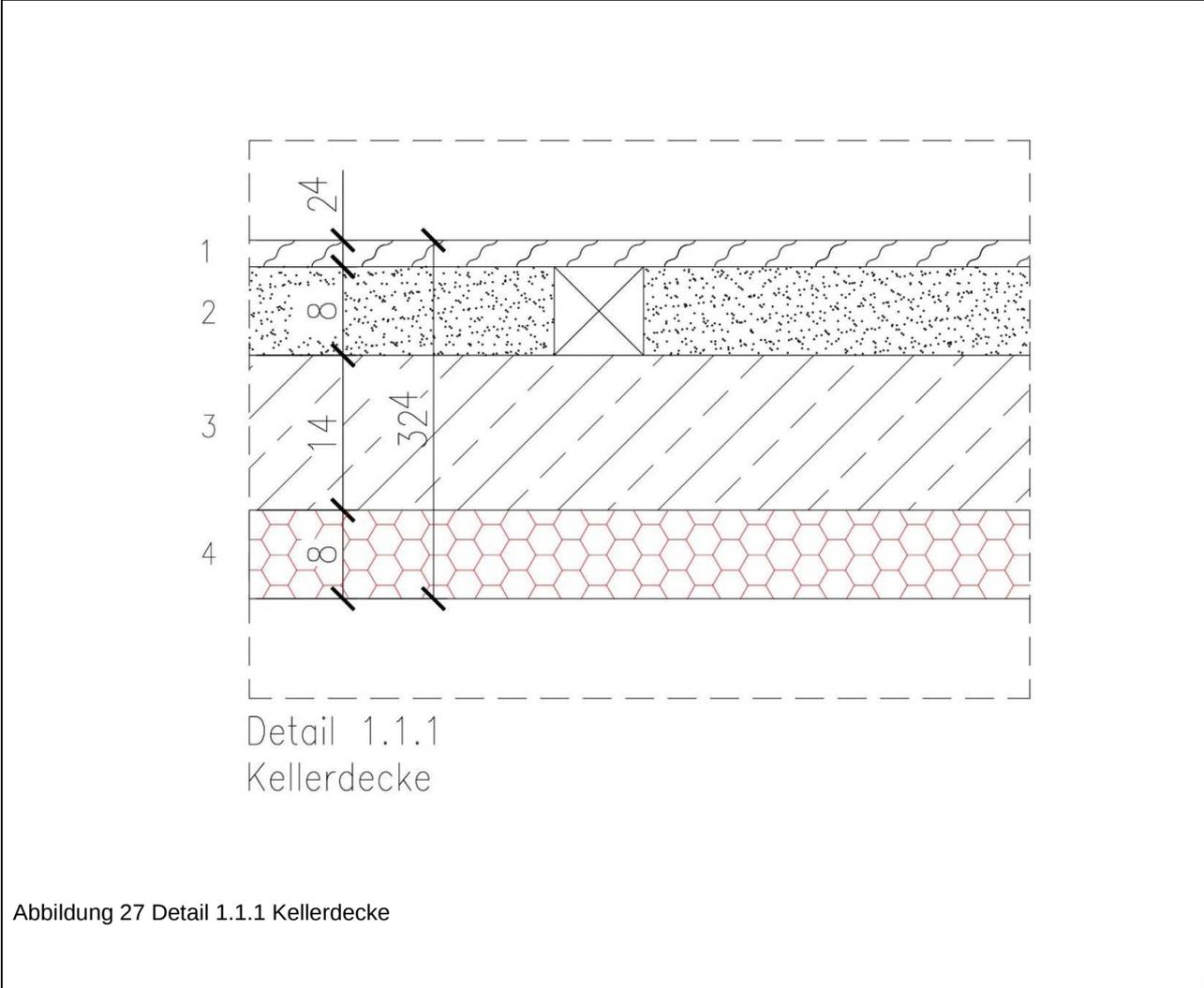
Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer 30,00 a
Stat. Amortisation 18,00 a
Dyn. Amortisation 13,30 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p : 237,240 kWh/(m²a)
Transmissionswärmeverlust H_T : 1,183 W/(m²K)

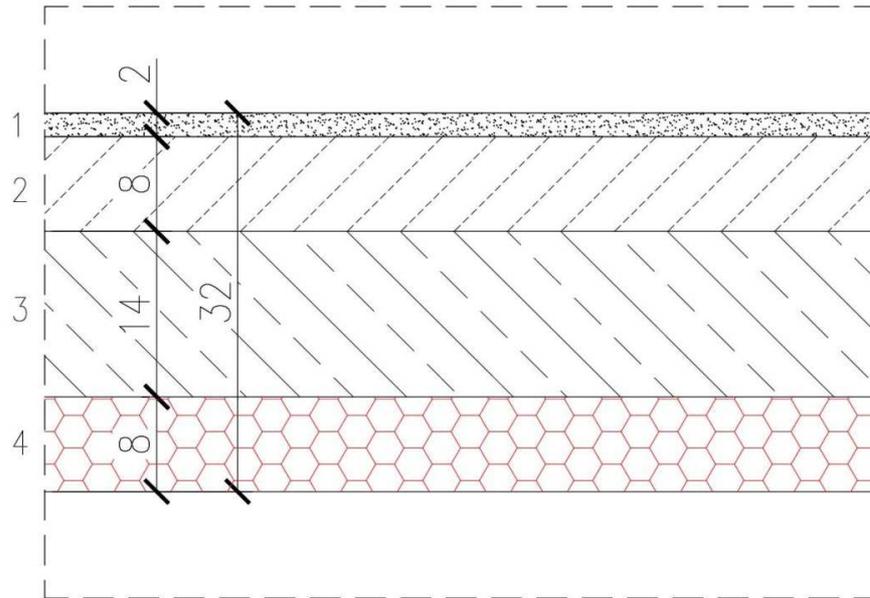
9.4.2 Systemdetail Kellerdecke, Dielen



Bauteilschichten (von oben nach unten)			
Nr.	Material / Bauteil	Stärke mm	λ W/(mK)
1	Fichte/Kiefer	24	0,130
2	Fichte/Kiefer Lagerhölzer	80	0,130
3	Lose Schüttung aus Hüttenbims	80	0,130
4	Hohlsteindecke	140	1,700
5	PUR / PIR Wärmedämmung	80	0,025
Gesamtbauteil			U-Wert 0,230 W/(m ² /K)
Anmerkungen:			
Sanierungsfall	Dämmen der Kellerdecke unterseitig mit 80 mm PUR - Dämmung		
Bauphysik	Lage des Taupunktes unkritisch		
Bauarbeiten	Trockenbauarbeiten		

Tabelle 19 Systemschnitt, Bauteile Kellerdecke

9.4.3 Systemdetail Kellerdecke, Terrazzo



Detail 1.1.2
Kellerdecke

Abbildung 28 Detail 1.1.2 Kellerdecke

Bauteilschichten (von oben nach unten)			
Nr.	Material / Bauteil	Stärke mm	λ W/(mK)
1	Terrazzo	20	1,400
2	Estrich	80	1,150
3	Hohlsteindecke	140	0,700
4	PUR / PIR Wärmedämmung	80	0,025
Gesamtbauteil			U-Wert 0,270 W/(m ² /K)
Anmerkungen:			
Sanierungsfall	Dämmen der Kellerdecke unterseitig mit 80 mm PUR - Dämmung		
Bauphysik	Lage des Taupunktes unkritisch		
Bauarbeiten	Trockenbauarbeiten		

Tabelle 20 Material-/ Bauteilliste Kellerdecke, Terrazzo

9.5 Variante 4 – Fenster

Maßnahmen dieser Variante:

- Fenster
Austausch der alten Fenster, neuer U-Wert: $1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Wärmeschutzfenster)
- Haustüren
Dichtungen einbauen

Die alten Fenster werden durch Wärmeschutzfenster ersetzt.

Die Fugen zwischen Fensterrahmen und Mauerwerk müssen dauerelastisch abgedichtet werden (z. B. mit vorkomprimiertem Dichtungsband). Ebenfalls muss die Fuge unter dem Fenster, an der das Fensterbrett montiert wird, gedämmt werden. Es ist zur Verminderung der Wärmebrücken an Sturz und der Laibung eine Innendämmung aufzubringen (z. B. Dicke: 20 mm). Hohlräume werden mit Mineralwolle, Hanf o.ä. verfüllt. Die innenseitige Abdichtung sollte dampfdicht ausgeführt werden, um zu vermeiden, dass feuchte, warme Raumluft in die Konstruktion gelangt.

Die Haustüren werden mit umlaufenden Dichtungen ausgestattet werden.

9.5.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	40.000,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	30.000,00 €
Verbleibende Kosten:	10.000,00 €

Energie

Energiebedarf:	165.241,810 kWh/a
Energieeinsparung:	11.043,970 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	6,26 %
Energiekosten:	15.972,54 €/a
Energiekosteneinsparung:	874,79 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	25,00 a
Stat. Amortisation	11,40 a
Dyn. Amortisation	9,40 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	238,580 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H'_T :	1,158 W/(m ² K)

Bauteilschichten			
Nr.	Material / Bauteil	Stärke mm	λ W/(mK)
1	Isolierverglasung		
Gesamtbauteil			U-Wert 1,300 W/(m ² /K)
Anmerkungen:			
Sanierungsfall	Alle Fenster des Hauses werden gegen Wärmeschutzglas-Fenster ausgetauscht.		
Gebäudeansicht	Die gekoppelten Ansichtsbreiten der Profile können erhebliche Maße annehmen.		
Bauarbeiten	Fensterbauarbeiten, Maler- / Tapezierarbeiten, Mauerarbeiten		
Folgemaßnahmen	Es ist zur Verminderung der Wärmebrücken an Sturz und Laibung eine Innendämmung aufzubauen, Fenster- und Sohlbank sind zu erneuern.		

Tabelle 21 Material-/Bauteilliste Fenster

9.6 Variante 5 - Außenwände

Maßnahmen dieser Variante:

- Außenwände
Innen mit 5 cm dämmen, WLG 045, neuer U-Wert: 0,59 W/(m²K)

Die Dämmplatten (z. B. Calcium-Silikat-, Mineral- oder Holzfaserdämmplatten) werden direkt auf die Innenoberfläche der Außenwände mit einem Klebemörtel befestigt. Der Untergrund muss eben und haftfähig sein, loser Putz u. ä. ist zu entfernen. Die Platten sind im Verbund und dicht gestoßen zu verlegen. Die Oberfläche kann mit einem herstellereigenen Putz beschichtet werden. Dabei ist zu beachten, dass die feuchtigkeitsausgleichenden Eigenschaften des Materials nicht eingeschränkt werden.

Da durch die Dämmung die Wärmebrückenwirkung im Bereich einbindender Wände und Decken verstärkt wird, müssen an diesen Bereichen zusätzliche wärmedämmende Maßnahmen durchgeführt werden.

- + gute Dämmung und damit dauerhaft niedrige Energiekosten
- + höhere Oberflächentemperaturen an der Innenseite der Wände und damit behagliches Raumklima
- + keine Änderung des äußeren Erscheinungsbildes des Gebäudes
- + Kombination mit Wandflächenheizungen möglich
- Wohnflächenverlust von von 1,5 m² (≈ 3 %) bei den Endwohnungen bzw. 1 m² (≈ 2 %) bei den mittleren Wohnungen
- Eingeschränkte Auswahl an Wandbeschichtungen bzw. -Belägen (z. B. keine Raufasertapeten, keine Latex-Farben)
- Befestigungen von Bildern, Regalen etc. an den Wänden nur mit dafür geeigneten Produkten möglich

9.6.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten: 65.000,00 €

Energie

Energiebedarf: 140.568,430 kWh/a

Energieeinsparung: 35.717,350 kWh/a

Proz. Energieeinsparung: 20,26 %

Energiekosten: 14.016,29 €/a

Energiekosteneinsparung: 2.831,04 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer 40,00 a

Stat. Amortisation 23,00 a

Dyn. Amortisation 15,80 a

Energie-Kennzahlen

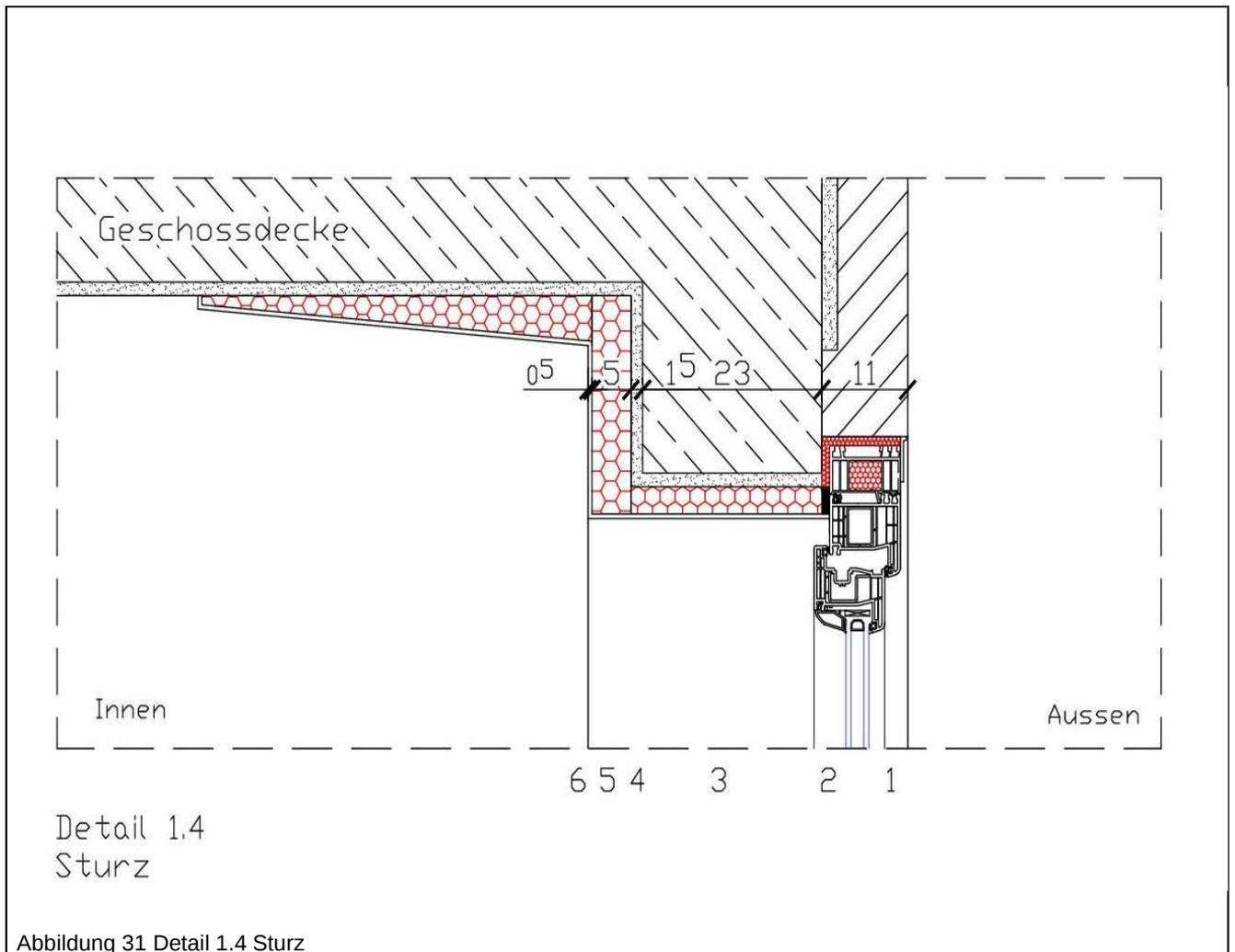
Primärenergiebedarf Q_p : 200,400 kWh/(m²a)

Transmissionswärmeverlust H_T : 0,932 W/(m²K)

Bauteilschichten			
Nr.	Material / Bauteil	Stärke mm	λ W/(mK)
1	Vollziegel, HLZ_1800	110	0,810
2	Mörtel	20	0,870
3	Kalksandstein_1800	230	0,990
4	Kalkzementputz	15	0,870
5	Mineraleämmplatten	50	0,045
6	Mineralischer Innenputz	5	--
Gesamtbauteil			U-Wert 0,960 W/(m ² /K)
Anmerkungen:			
Sanierungsfall	Die Aussenwände werden innenseitig mit Mineralischen Platten gedämmt.		
Bauphysik	Tauwasserausfall muss rechnerisch nachgewiesen werden		
Gebäudeansicht	Erhalt der Fassadenansicht		
Bauarbeiten	Maler-/Elektro-/Heizungsarbeiten, Dämmarbeiten		
Folgemaßnahmen	Heizkörper versetzen, Steckdosen versetzen		

Tabelle 22 Material-/Bauteilliste Aussenwand

9.6.3 Systemdetail Außenwände – Sturz



Bauteilschichten			
Nr.	Material / Bauteil	Stärke mm	λ W/(mK)
1	Vollziegel, HLZ_1800	110	0,810
2	Mörtel	20	0,870
3	Kalksandstein_1800	230	0,990
4	Kalkzementputz	15	0,870
5	Mineraleämmplatten	50	0,045
6	mineralischer Innenputz	5	--
Gesamtbauteil			U-Wert 0,960 W/(m ² /K)
Anmerkungen:			
Sanierungsfall	Die Aussenwände werden innenseitig mit mineralischen Platten gedämmt.		
Bauphysik	Tauwasserausfall muss rechnerisch nachgewiesen werden		
Gebäudeansicht	Erhalt der Fassadenansicht		
Bauarbeiten	Maler-/Elektro-/Heizungsarbeiten, Dämmarbeiten,		
Folgemaßnahmen	Heizkörper versetzen, Steckdosen versetzen		

Tabelle 23 Material-/Bauteilliste Sturz

9.7 Variante 6 - Oberste Geschossdecke

Maßnahmen dieser Variante:

- Oberste Geschossdecke (Stahlbeton)
mit 12 cm dämmen, WLG 024, neuer U-Wert: 0,14 W/(m²K)
- Oberste Geschossdecke (Holzbalken)
mit 18 cm dämmen, WLG 035, neuer U-Wert: 0,14 W/(m²K)
- Innenwände zum unbeheizten Dachboden
innen mit 14 cm dämmen, WLG 035, neuer U-Wert: 0,23 W/(m²K)

Die Decken zum unbeheizten Trockenboden und zum Spitzboden oberhalb der Dachgeschosswohnungen werden oberseitig mit Dämmung versehen. Geeignete Materialien sind Polyurethan- / Polystyrolplatten oder Mineralwolle. Wenn eine Nutzung der Spitzböden erwünscht ist, kann die Fläche zusätzlich mit einem Trockenestrich versehen werden. Die kostengünstigste Lösung ist die Verlegung von Spanplatten mit Nut und Feder, die im Verbund miteinander verleimt werden. Unterhalb der Dämmung sollte eine Dampfbremse (z. B. Folie) eingebaut werden, welche das Strömen von Innenraumluft in die Wärmedämmung vermindert.

Die Wände zu den unbeheizten Dachräumen werden ebenfalls gedämmt.

9.7.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten: 20.000,00 €

Energie

Energiebedarf: 163.388,530 kWh/a
Energieeinsparung: 12.897,250 kWh/a
Proz. Energieeinsparung: 7,32 %
Energiekosten: 15.826,32 €/a
Energiekosteneinsparung: 1.021,01 €/a

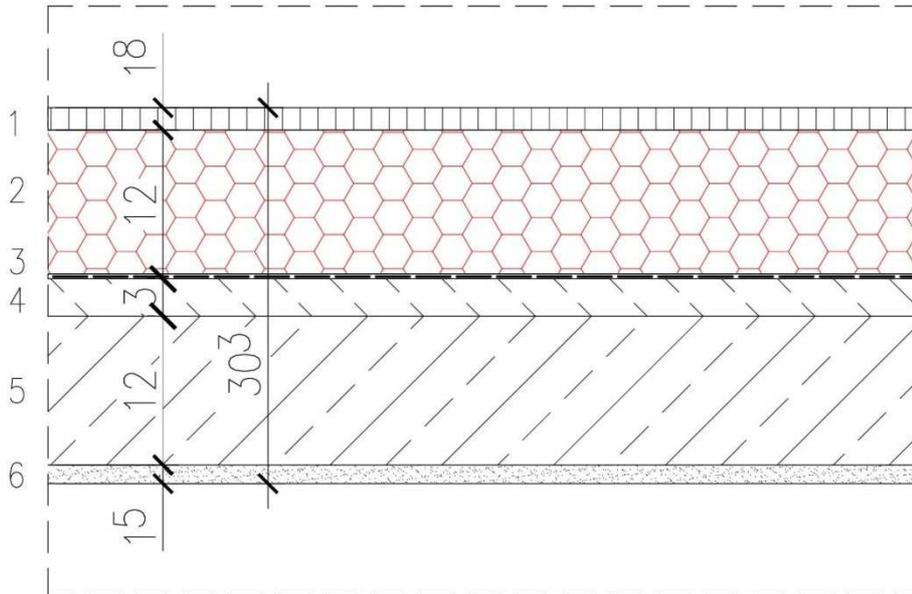
Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer 32,90 a
Stat. Amortisation 19,60 a
Dyn. Amortisation 14,13 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p : 238,670 kWh/(m²a)
Transmissionswärmeverlust H_T : 1,192 W/(m²K)

9.7.2 Systemdetail Oberste Geschossdecke, Massivdecke



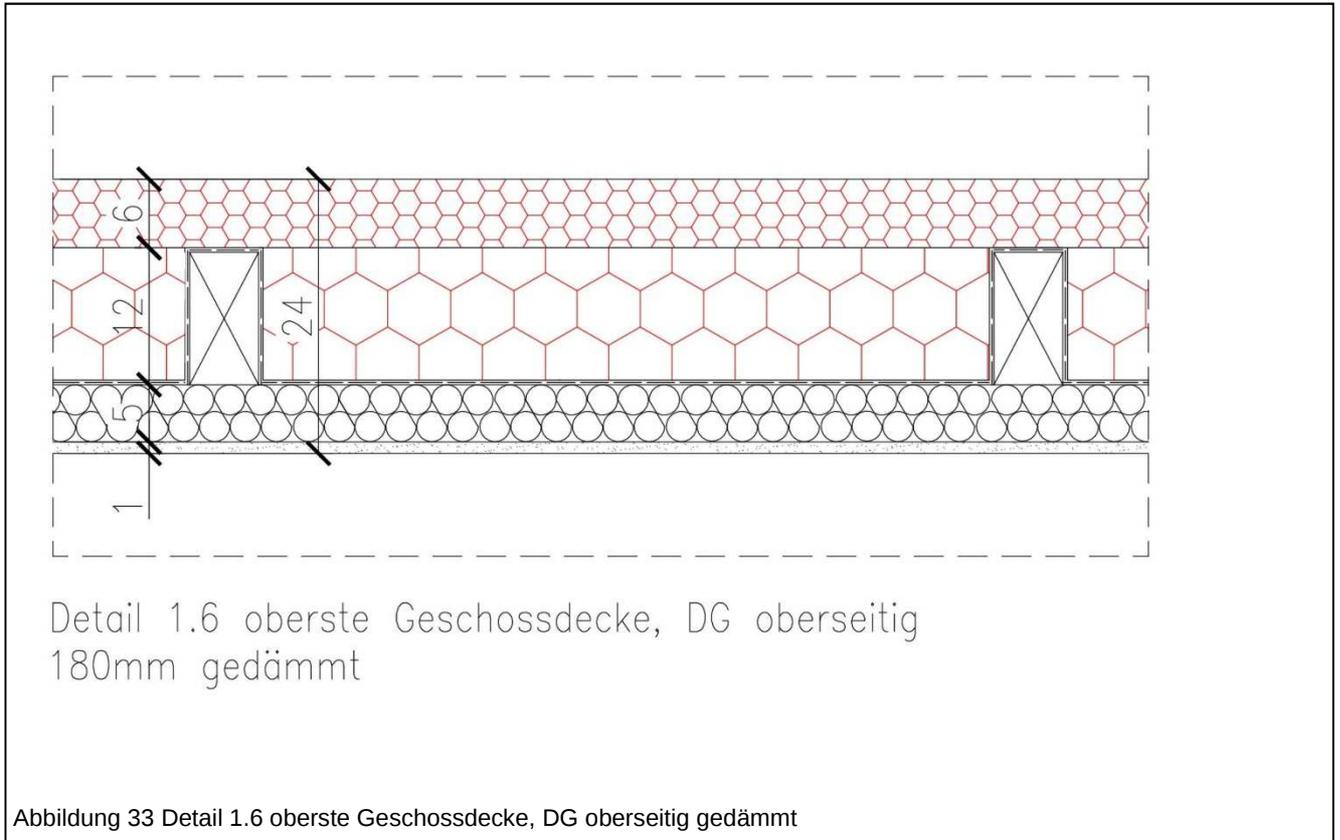
Detail 1.5
oberste Geschossdecke, ungedämmter
Dachraum oberhalb 120mm

Abbildung 32 Detail 1.5 oberste Geschossdecke, ungedämmter Dachraum

Bauteilschichten			
Nr.	Material / Bauteil	Stärke mm	λ W/(mK)
1	OSB Platte	18	
2	PUR Dämmung	120	0,024
3	Dampfsperre		
4	Estrich	30	1,400
5	Beton	120	2,100
6	Kalkzementputz	15	0,870
Gesamtbauteil			U-Wert 0,150 W/(m ² /K)
Anmerkungen:			
Sanierungsfall	Die vorhandene Geschossdecke wird nachträglich oberhalb mit 12 cm PUR Dämmung und einer Dampfsperre versehen.		
Bauphysik	Lage des Taupunktes unkritisch		
Gebäudeansicht	Keine Einwirkung		
Bauarbeiten	Dämmarbeiten, Abdichtungsarbeiten		
Folgemaßnahmen			

Tabelle 24 Material-/Bauteilliste oberste Geschossdecke, ungedämmter Dachraum

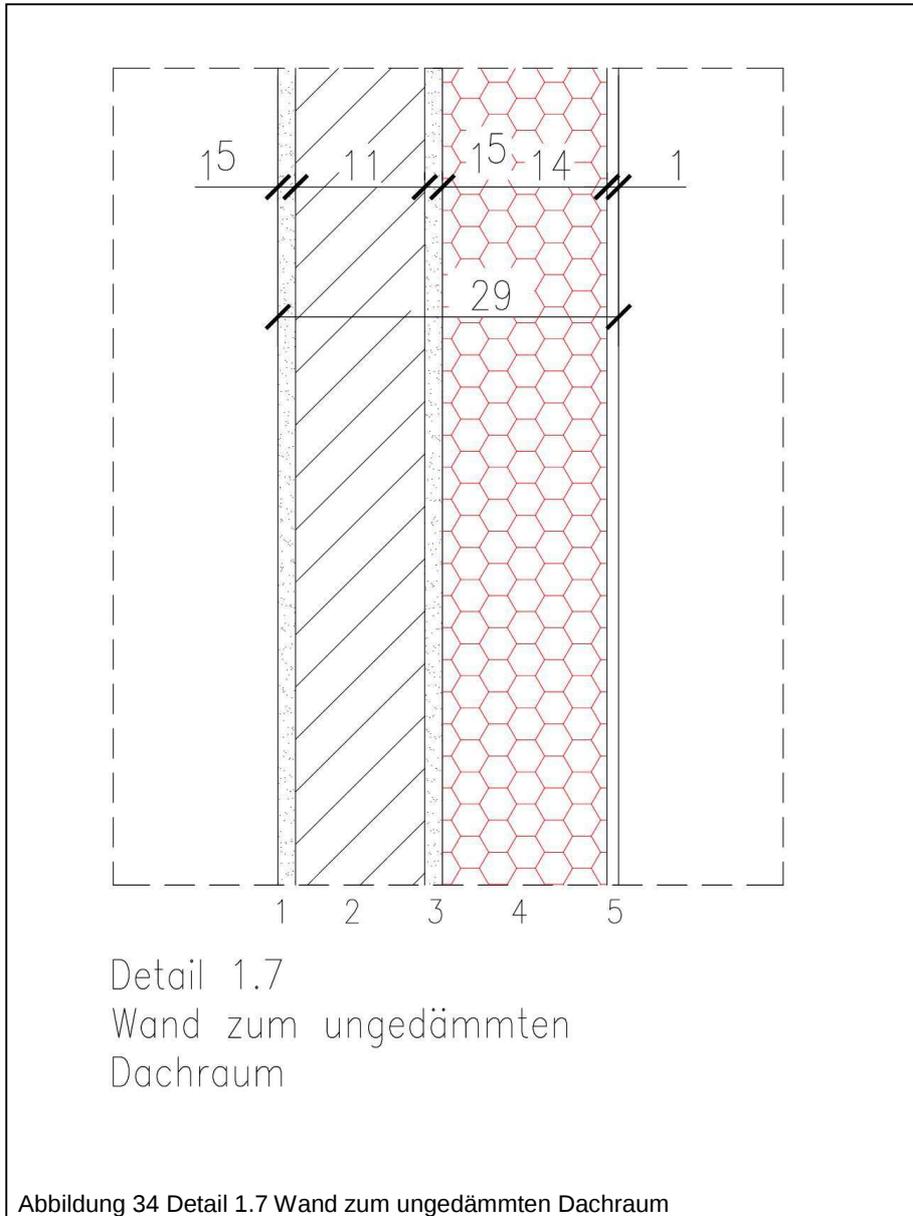
9.7.3 Systemdetail Oberste Geschossdecke, Holzbalkendecke



Bauteilschichten			
Nr.	Material / Bauteil	Stärke mm	λ W/(mK)
1	Dämmung, z. B. Mineralwolle	60	0,035
2	Dämmung, z. B. Mineralwolle	120	0,035
	Fichte/Kiefer	120	0,130
3	Dampfsperre		
4	Holzwolle-Leichtbauplatten (Bestand)	50	0,070
5	Kalkzementputz	10	0,870
Gesamtbauteil			U-Wert 0,140 W/(m ² /K)
Anmerkungen:			
Sanierungsfall	Die vorhandene Geschossdecke wird nachträglich oberhalb mit 18 cm Dämmung und einer Dampfsperre versehen.		
Bauphysik	Lage des Taupunktes unkritisch		
Gebäudeansicht	Keine Einwirkung		
Bauarbeiten	Dämm-, Zimmererarbeiten		
Folgemaßnahmen			

Tabelle 25 Material-/Bauteilliste oberste Geschossdecke

9.7.4 Systemdetail Wand zum ungedämmten Dachraum



Bauteilschichten			
Nr.	Material / Bauteil	Stärke mm	λ W/(mK)
1	Kalkzementputz	15	0,870
2	Kalksandstein_1800	110	0,990
3	Kalkzementputz	15	0,870
4	Dämmung	140	0,035
5	Putz	10	
Gesamtbauteil			U-Wert 0,230 W/(m ² /K)
Anmerkungen:			
Sanierungsfall	Die Wand zum Dachboden wird mit 14 cm druckfester Dämmung versehen.		
Bauphysik	Lage des Taupunktes unkritisch		
Gebäudeansicht	Keine Einwirkung		
Bauarbeiten	Dämmarbeiten, Maler-/Trockenbauarbeiten		
Folgemaßnahmen			

Tabelle 26 Material-/Bauteilliste Wand zum ungedämmten Dachraum

9.8 Variante 7 - Dach

Maßnahmen dieser Variante:

- Dach und Gauben
mit 18 cm dämmen, WLG 032, neuer U-Wert: 0,23 W/(m²K)

Bei der Neu-Eindeckung der Dachflächen wird der komplette Dachaufbau geändert: Dachpfannen, Dachlatten und das vorhandene Dämmmaterial werden entfernt. Innenseitig wird eine Klimamembran eingefügt, welche verhindert, dass die in den Innenräumen enthaltene Feuchtigkeit in die Dachkonstruktion gelangt. So wird die Dachkonstruktion vor Feuchteschäden geschützt. Um eine größere Dämmstoffdicke einbauen zu können, werden die Dachbalken nach innen aufgedoppelt. Oberhalb der Dämmung (z. B. Mineralwolle) werden eine Unterspannbahn, Konterlattung, Lattung und Dachpfannen eingebaut. In dieser Variante werden die Dächer und Wände der Gauben ebenfalls gedämmt.

9.8.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	80.000,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	65.000,00 €
Verbleibende Kosten (energetische Mehrkosten):	15.000,00 €

Energie

Energiebedarf:	166.299,130 kWh/a
Energieeinsparung:	9.986,650 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	5,67 %
Energiekosten:	16.056,68 €/a
Energiekosteneinsparung:	790,65 €/a

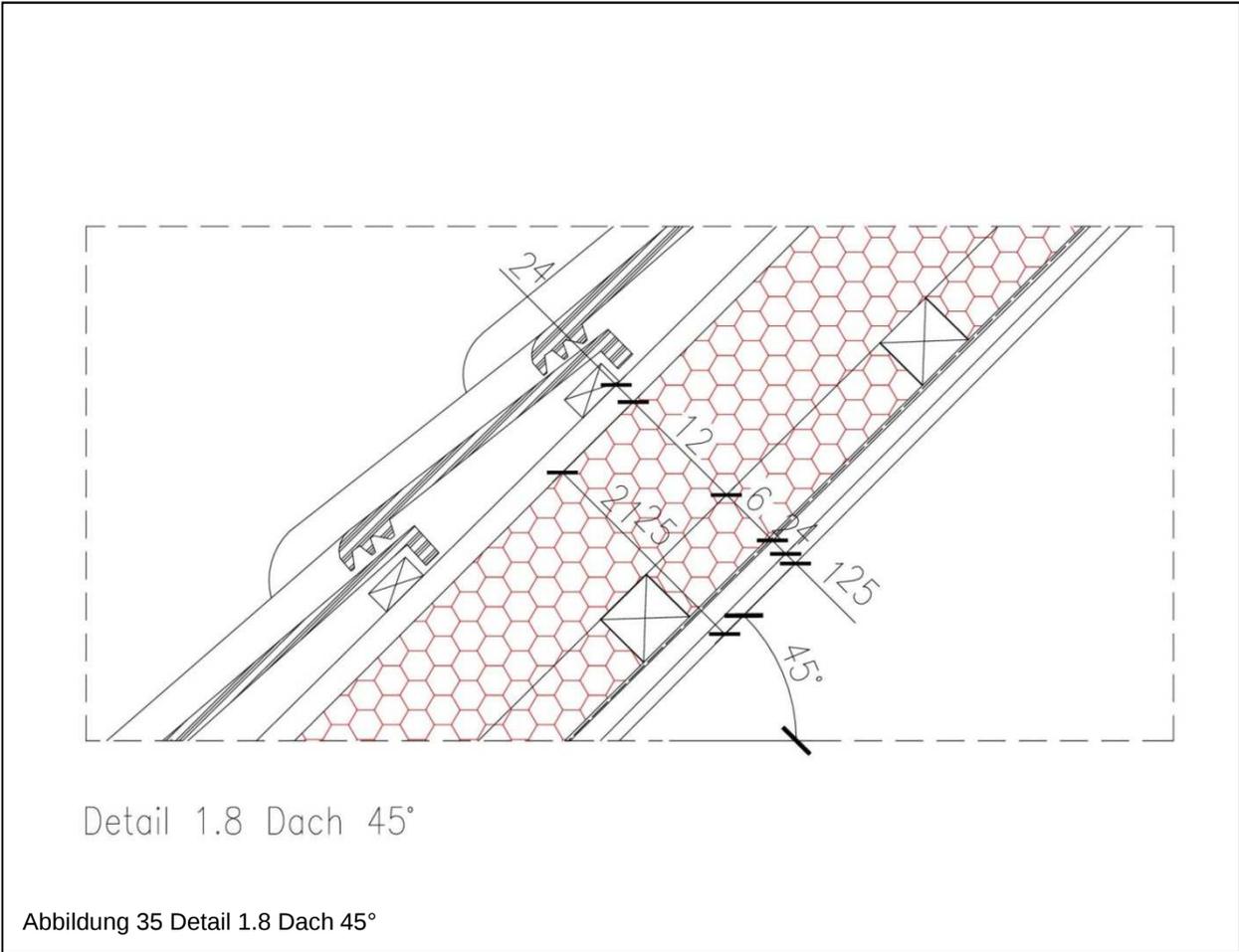
Wirtschaftlichkeit (energetische Mehrkosten)

Mittlere Lebensdauer	40,00 a
Stat. Amortisation	19,00 a
Dyn. Amortisation	13,80 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	242,570 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H'_{T} :	1,220 W/(m ² K)

9.8.2 Systemdetail Dach



Nr.	Material / Bauteil	Stärke mm	λ W/(mK)
1	Dacheindeckung, harte Bedachung	~ 50	
2	Lattung aus Nadelholz S10, 30/50 (40/60) mm	~ 40	
3	Konterlattung, $d \geq 24$ mm	24	
4	Unterspannbahn		
5	Sparren ca. 12/12 cm aus Nadelholz	120	0,130
	Dämmstoff nach Norm oder Zulassung: Mineralwolle	120	0,032
6	Sparrenverstärkung aus Nadelholz S10; 60/60mm	60	0,130
	UK – Horizontal 60/60 mm, 60 mm Dämmstoff	60	0,035
7	Dampfbrems-/Luftdichtungsbahn, Stöße luftdicht verklebt		
8	Sparschalung für Bekleidung (Vertikal)	24	
9	Bekleidung, z. B. Gipsbauplatten	12,5	0,250
Gesamtbauteil			U-Wert 0,230 W/(m ² /K)
Sanierungsfall	Komplett neuer Bauteilaufbau nach Freilegung von bestehender Außen- und Innenbekleidungen. Die Dachkonstruktion bleibt erhalten und wird verstärkt. Der Einbau der PE-Folie hat mit großer Sorgfalt unter Herstellung sauberer dichter Anschlüsse an angrenzende Bauteile zu erfolgen.		
Bauphysik	Lage des Taupunktes unkritisch		
Gebäudeansicht	Anhebung der First- und Trauflinie um Konterlattung vertikal ca. 4 cm		
Bauarbeiten	Dachdecker-, Klempner-, Dämm-, Trockenbau-, Maler-, Tapezierarbeiten, ggf. Elektroinstallations-, Heizungsbauarbeiten		
Folgemaßnahmen	Dachanschlüsse Nachbardach, Dachaufbauten, Schornstein, Gauben etc., Austausch der Dachflächenfenster.		

Tabelle 27 Material-/Bauteilliste Dach

9.9 Variante 8 – Gas-Brennwertheizkessel

Maßnahmen dieser Variante:

- Heizungsanlage
Neueinbau Gas-Brennwertheizkessel, ca. 80 kW
- Heizungsanlage
geregelt e Pumpe, hydraulischer Abgleich
- Wärmeabgebende Rohrleitungen
gemäß Energieeinsparverordnung dämmen

Es wird ein Gas-Brennwertheizkessel installiert. Die wärmeleitenden Rohrleitungen der Heizung und der Warmwasserversorgung werden gemäß der EnEV gedämmt. Es werden geregelte Umwälzpumpen eingebaut und ein hydraulischer Abgleich durchgeführt.

9.9.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten: 20.000,00 €

Energie

Energiebedarf:	157.841,380 kWh/a
Energieeinsparung:	18.444,400 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	10,46 %
Energiekosten:	15.373,60 €/a
Energiekosteneinsparung:	1.473,73 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	15,00 a
Stat. Amortisation	13,60 a
Dyn. Amortisation	10,70 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	231,130 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H'_T :	1,307 W/(m ² K)

9.10 Variante 9 - Nahwärme

Maßnahmen dieser Variante:

- Heizungsanlage
Anschluss an ein Nahwärmenetz (Kraft-Wärme-Kopplung, Erdgas), ca. 80 kW
- Heizungsanlage
Hocheffizienzpumpen, hydraulischer Abgleich
- Wärmeabgebende Rohrleitungen
gemäß Energieeinsparverordnung dämmen

Der Heizkessel wird durch den Anschluss an ein Nahwärmenetz ersetzt. Die wärmeführenden Rohrleitungen der Heizung werden gemäß der EnEV gedämmt. Es werden Hocheffizienzpumpen eingebaut und ein hydraulischer Abgleich durchgeführt.

9.10.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	10.000,00 €
Verbleibende Kosten:	10.000,00 €

Energie

Energiebedarf:	159.313,450 kWh/a
Energieeinsparung:	16.972,330 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	9,63 %
Energiekosten:	15.158,14 €/a
Energiekosteneinsparung:	1.689,19 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	15,00 a
Stat. Amortisation	5,90 a
Dyn. Amortisation	5,40 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	160,450 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H'_{T} :	1,307 W/(m ² K)

9.11 Variante 10 - Pellet-Heizung

Maßnahmen dieser Variante:

- Heizungsanlage
Neueinbau Pellet-Heizkessel, ca. 80 kW
- Heizungsanlage
Hocheffizienzpumpen, hydraulischer Abgleich
- Wärmeabgebende Rohrleitungen
gemäß Energieeinsparverordnung dämmen

Der Gas-Heizkessel wird durch einen Pellet-Heizkessel ersetzt. Es werden Hocheffizienzpumpen eingebaut, und ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Die wärmeleitenden Rohrleitungen werden gemäß der EnEV gedämmt. Für die Lagerung der Pellets muss eine geeignete Lagerfläche hergerichtet werden.

9.11.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten: 35.000,00 €

Energie

Energiebedarf:	170.604,530 kWh/a
Energieeinsparung:	5.681,250 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	3,22 %
Energiekosten:	14.635,37 €/a
Energiekosteneinsparung:	2.211,96 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	15,00 a
Stat. Amortisation	15,80 a
Dyn. Amortisation	12,10 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	77,550 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H_T :	1,307 W/(m ² K)

9.12 Variante 11 – Solarthermie

Maßnahmen dieser Variante:

- Heizungsanlage
Solarthermieanlage, z. B. 30 m² Kollektorfläche, 2.000 Liter Speicher
- Wärmeabgebende Rohrleitungen
gemäß Energieeinsparverordnung dämmen

Es wird eine solarthermische Anlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung installiert. Die Anlage deckt ca. 40 % des Jahres-Warmwasserenergiebedarfs.

Es werden ein Speicher im Heizraum und Kollektoren auf dem Dach installiert. Die wärmeführenden Rohrleitungen werden gemäß der EnEV gedämmt.

9.12.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten: 40.000,00 €

Energie

Energiebedarf:	172.716,890 kWh/a
Energieeinsparung:	3.568,890 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	2,02 %
Energiekosten:	14.209,34 €/a
Energiekosteneinsparung:	2.637,99 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	25,00 a
Stat. Amortisation	15,20 a
Dyn. Amortisation	11,70 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	232,830 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H'_{T} :	1,307 W/(m ² K)

9.13 Variante 12 - Keller + Fenster + Dachboden

Maßnahmen dieser Variante:

- Kellerdecke
unterseitig mit 8 cm dämmen, WLG 024 (PUR), neuer U-Wert: 0,23 - 0,27 W/(m²K)
- Kellerabgang
unterseitig mit 8 cm dämmen, WLG 024 (PUR), neuer U-Wert: 0,23 - 0,27 W/(m²K)
- Fenster
Austausch der alten Fenster, neuer U-Wert: 1,30 W/(m²K)
- Oberste Geschossdecke (Stahlbeton)
mit 12 cm dämmen, WLG 024, neuer U-Wert: 0,14 W/(m²K)
- Oberste Geschossdecke (Holzbalken)
mit 18 cm dämmen, WLG 035, neuer U-Wert: 0,14 W/(m²K)
- Innenwände zum unbeheizten Dachboden
innen mit 14 cm dämmen, WLG 035, neuer U-Wert: 0,23 W/(m²K)

Diese Variante setzt sich aus den Maßnahmen der Varianten 3, 4 und 7 zusammen (Beschreibung: siehe oben).

9.13.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	80.000,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	30.000,00 €
Verbleibende Kosten (energetische Mehrkosten):	50.000,00 €

Energie

Energiebedarf:	136.512,090 kWh/a
Energieeinsparung:	39.773,690 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	22,56 %
Energiekosten:	13.681,53 €/a
Energiekosteneinsparung:	3.165,80 €/a

Wirtschaftlichkeit (energetische Mehrkosten)

Mittlere Lebensdauer	27,60 a
Stat. Amortisation	15,80 a
Dyn. Amortisation	12,00 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	202,530 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H'_{T} :	0,943 W/(m ² K)

9.14 Variante 13 - Effizienzhaus Denkmal

Maßnahmen dieser Variante:

- Kellerdecke
Unterseitig mit 8 cm dämmen, WLG 024 (PUR), neuer U-Wert: 0,23 - 0,27 W/(m²K)
- Kellerabgang
Unterseitig mit 8 cm dämmen, WLG 024 (PUR), neuer U-Wert: 0,23 - 0,27 W/(m²K)
- Fenster
Austausch der alten Fenster, neuer U-Wert: 1,30 W/(m²K)
- Außenwände
Innen mit 5 cm dämmen, WLG 032, neuer U-Wert: 0,20 – 0,23 W/(m²K)
- Oberste Geschossdecke
mit 18 cm dämmen, WLG 035, neuer U-Wert: 0,14 W/(m²K)
- Wände zum unbeheizten Dachboden
innen mit 14 cm dämmen, WLG 035
- Dach
mit 18 cm dämmen, WLG 032, neuer U-Wert: 0,20 W/(m²K)
- Heizungsanlage
Anschluss an ein Nahwärmenetz, Nennwärmeleistung ca. 50 kW,
- Heizungsanlage
geregelt Pumpen, hydraulischer Abgleich
- Wärmeabgebende Rohrleitungen
gemäß Energieeinsparverordnung dämmen

Diese Variante setzt sich aus den Maßnahmen der Varianten 3 bis 8 und 10 zusammen (Beschreibung: siehe oben). Mit der Durchführung dieser Maßnahmen wird das Niveau des KfW-Effizienzhauses Denkmal erreicht.

9.14.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	250.000,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	95.000,00 €
Verbleibende Kosten (energetische Mehrkosten):	155.000,00 €

Energie

Energiebedarf:	85.155,460 kWh/a
Energieeinsparung:	91.130,320 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	51,69 %
Energiekosten:	7.503,37 €/a
Energiekosteneinsparung:	9.343,96 €/a

Wirtschaftlichkeit (energetische Mehrkosten)

Mittlere Lebensdauer	30,20 a
Stat. Amortisation	16,60 a
Dyn. Amortisation	12,50 a

Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf Q_p :	74,140 kWh/(m ² a)
Transmissionswärmeverlust H_T :	0,543 W/(m ² K)

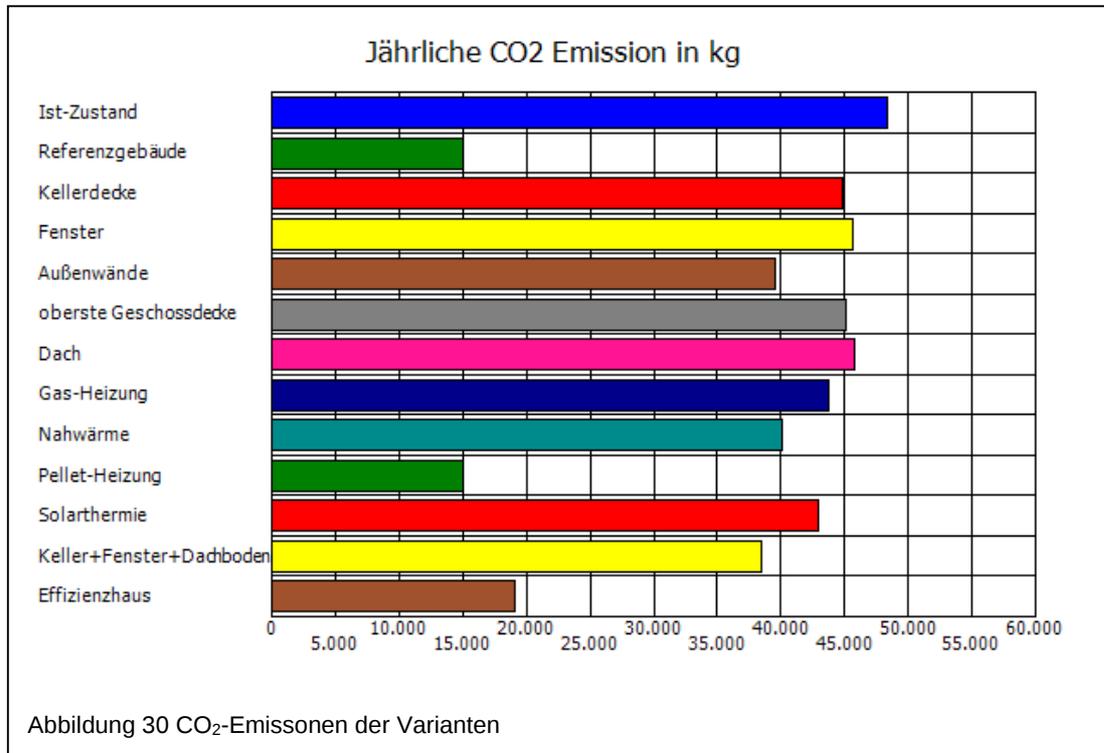
10 Schadstoffbilanz

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

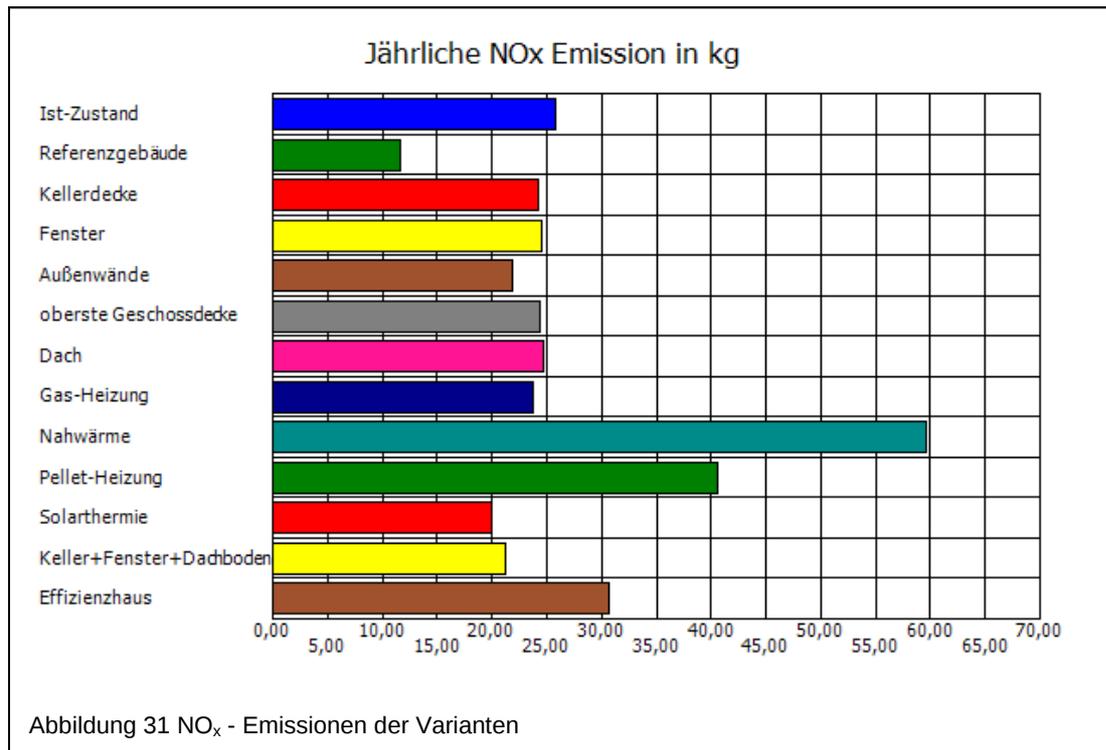
Energieträger	Emissionsfaktoren kg/kWh					Primär- energie- faktor
	CO ₂	CO	Staub	SO ₂	NO _x	
Erdgas	0,2440	0,000150	0,0000004	0,000004	0,000110	1,10
Flüssiggas	0,2630	0,000150	0,0000004	0,000004	0,000110	1,10
Heizöl	0,3020	0,000190	0,0000070	0,000643	0,000227	1,10
Steinkohle	0,4380	0,017500	0,0004390	0,002400	0,000350	1,10
Braunkohle	0,4510	0,014250	0,0004040	0,000921	0,000342	1,20
Tagstrom	0,6330	0,000220	0,0000770	0,001111	0,000583	2,40
Nachtstrom	0,6330	0,000220	0,0000770	0,001111	0,000583	2,40
Fern/Nahw. KWK fos.	0,2190	0,000356	0,0000090	-0,000134	0,000357	0,70
Fern/Nahw. KWK ern.	0,0000	0,000936	0,0001200	0,000567	0,001068	0,00
Fern/Nahw. HW fossil	0,4070	0,034000	0,0000300	0,000470	0,000630	1,30
Fern/Nahw. HW ern.	0,1082	0,001120	0,0002960	0,000606	0,000477	0,10
Holz	0,0060	0,012800	0,0001520	0,006360	0,000208	0,20
Holz-Pellets	0,0410	0,002100	0,0001520	0,000215	0,000208	0,20
Sonstiges	0,0000	0,000000	0,0000000	0,000000	0,000000	0,00

Tabelle 28 Spezifische Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger

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



Die Kohlendioxid-Emissionen des Ist-Zustandes betragen **48.304 kg pro Jahr**. Die Kohlendioxid-Emissionen des modernisierten Gebäudes (Variante Effizienzhaus) belaufen sich auf **19.060 kg pro Jahr**.



Im gegenwärtigen Zustand werden **25,8 kg** Stickoxide pro Jahr emittiert. Dies würde wegen der zentralen Warmwasserbereitung durch die Modernisierung auf **30,6 kg** NO_x pro Jahr erhöht werden (Variante Effizienzhaus).

11 Lüftungskonzept nach der DIN 1946-6

Ein Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 dient bei baulichen Veränderungen an Wohn-Bestandsbauten als rechtsgültiger Nachweis. Nach den Regeln der Technik ist die Notwendigkeit von Lüftungstechnischen Maßnahmen zu prüfen, wenn im Zuge eine Modernisierung eines zuvor luftundichten Altbaus mehr als ein Drittel der Fenster getauscht wird.

Bei gut gedämmten (und abgedichteten) Gebäuden oder bei Wohnungen mit fensterlosen Räumen (z. B. Bad) ergibt sich in der Regel die Notwendigkeit für zusätzliche Lüftungstechnische Maßnahmen. Bei der Auswahl und Konzeptionierung der Maßnahmen unterscheidet die DIN zwischen vier Lüftungsstufen, d. h. Luftwechselraten, die sich durch die Anforderungen der betrachteten Nutzungsbedingungen unterscheiden.

Die Lüftungsstufen im Einzelnen

Lüftung zum Feuchteschutz: Mindeststufe zum Erhalt der Bausubstanz des Gebäudes, die auch bei Abwesenheit der Nutzer sichergestellt sein muss.

Reduzierte Lüftung: Erforderliche Lüftungsstufe zur Einhaltung der Lufthygiene bei zeitweiliger Abwesenheit des Nutzers. Das aktive Lüften durch den Nutzer darf nur anteilig in den Luftwechsel einbezogen werden, die erforderliche Lüftungsstufe ist weitestgehend nutzerunabhängig sicherzustellen.

Nennlüftung: Auslegungsstufe für die Einhaltung der Lufthygiene und des Feuchteschutzes für die normale (regelmäßige) Wohnungsnutzung. Eine aktive Fensterlüftung darf zur Erreichung der Lüftungsstufe mit einbezogen werden.

Intensivlüftung: Lüftungsstufe für Nutzungsbedingungen mit hohen Feuchte- oder Schadstofflasten (z. B. Kochen, Duschen, Party). Eine Einberechnung von Fensterlüftung ist auch hier zulässig.

Es sei darauf hingewiesen, dass ein Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 nur die erforderlichen Luftmengen für die Nutzung des Wohngebäudes untersucht. Die Umsetzbarkeit eines Lüftungskonzepts hinsichtlich Brandschutz-, Schallschutz- und Beheizbarkeit von Gebäuden ist immer durch eine Fachplanung zu prüfen.

Für die umfassende Sanierung des Gebäudetyps Mehrfamilienhaus mit historischer Backsteinfassade auf den KfW-Effizienzhaus-Standard Denkmal wird aus den oben beschriebenen Gründen ein Nachweis nach DIN 1946 grundsätzlich erforderlich. Es werden alle Wohnungen durch bauliche Veränderungen lüftungstechnisch beeinflusst, daher muss der Nachweis einzeln für jede Wohnung geführt werden. Innerhalb des Mustersanierungskonzeptes wurde der Nachweis für eine Beispielwohnung im 1. Obergeschoss berechnet.

Folgende Kenndaten des Gebäudes wurden für die Überprüfung auf Notwendigkeit von lüftungstechnischen Maßnahmen erfasst:

Gebäude	
Anzahl Geschosse:	3
Gebäudehöhe:	8,70 m
Gebäudelage:	windstarke Region
Wärmeschutz	
Baujahr:	1940
Wärmeschutz nach geplanter Sanierung:	Hoch
Luftdichtheit	
Gebäudekategorie:	B (Modernisierung 1-geschossige Whg.)
Luftwechsel n50:	1,50 1/h
Druckexponent n:	0,67

Tabelle 29 Kenndaten Gebäude

Die Angaben zur Luftdichtheit wurden im Rahmen des musterhaften Konzepts nach einem pauschalen Tabellenverfahren ermittelt. Für konkrete Bauvorhaben ist immer die Beauftragung einer genauen Ermittlung durch einen Differenzdrucktest zu empfehlen.

Die Wohnung (Nutzungseinheit) wird zur Überprüfung der Notwendigkeit mit folgenden Kenndaten erfasst:

Geometrie	
beheizte Wohnfläche:	50,40 m ²
mittlere Raumhöhe:	2,45 m
Gesamt-Luftvolumen Wohnung:	123,50 m ³
gelüftete Wohnfläche:	49,80 m ²
gelüftetes Luftvolumen:	123,50 m ³
Personenzahl:	2
Volumenstrom/ Person:	30,00 m ³ /h
Randbedingungen Lüftung	
- Keine fensterlosen Räume vorhanden	
- Kein Schacht zur Be- und Entlüftung der Wohnung	
- Keine raumluftabhängige Feuerstätte (z. B. Gastherme)	
Lage der Wohnung	
Anzahl windausgesetzter Fassaden	>1
Geschossigkeit Wohnung:	1
Höhe Wohnung:	< 15,00 m über Gelände
Windgeschützte Lage:	Standard
Gebäudekategorie:	B (Modernisierung 1-geschossige Whg.)

Tabelle 30 Kenndaten Wohnung zur Überprüfung der Notwendigkeit

Fazit

Nach einer umfassenden Sanierung des Gebäudes kann eine ausreichende Belüftung der Wohnungen für Lufthygiene und Bauteilschutz nur durch ein geeignetes Lüftungssystem sichergestellt werden. Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung sind die Erstellung eines Lüftungskonzeptes auf möglichst genauer Datenbasis (Druckdifferenztest) und die Ausführung durch qualifizierte Fachunternehmen. Um darüber hinaus die historische Backsteinfassade möglichst nicht zu verändern, ist bei dem Fensteraustausch darauf zu achten, dass Außenluftdurchlässe in den neuen Fenstern bzw. den Fensterlaibungen integriert werden.

12 Sonstige Maßnahmen

Warmwasseranschluss für Wasch- und Spülmaschine

Bei zentraler Warmwasserversorgung über die Heizungsanlage ist der Anschluss von Spül- und Waschmaschine an die Warmwasserversorgung ratsam, da die Wasser-erwärmung über die Heizzentrale deutlich effizienter und damit kostengünstiger ist als über die Stromheizung der Geräte. Es ist jedoch vorab zu prüfen, ob die Geräte für einen Warmwasseranschluss ausgelegt sind.

Drehzahlgeregelte Umwälzpumpe

Spätestens wenn vorhandene Heizungsumwälzpumpen für thermostatisch geregelte Heizkreise defekt sind und ausgetauscht werden müssen, ist es ratsam, elektronisch geregelte Umwälzpumpen einzusetzen. Diese Pumpen "erkennen", wann beispielsweise 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 sollten 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.

Bei Einrohrheizungen ist darauf zu achten, dass im Rahmen des hydraulischen Abgleichs auch die Bypass-Ventile der Heizkörper optimal eingestellt werden, um ein ineffizientes Arbeiten der Heizungsanlage zu vermeiden.

Dämmung der wärmeleitenden Rohrleitungen

Die zu verlegenden Rohrleitungen sollten mindestens entsprechend der Energieeinsparverordnung gedämmt werden. Siehe dazu Tabelle 11.

Nennweite (NW) der Rohrleitungen / Armaturen in cm	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 2,2	2,0 cm	1,0 cm
ab NW 2,2 bis NW 3,5	3,0 cm	1,5 cm
ab NW 3,5 bis NW 10,0	gleich NW	gleich 1/2 NW
über NW 10,0	10,0 cm	5,0 cm

Tabelle 11 Mindestdämmstärken für Wärmeverteilungen

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

13 Gesetzliche Anforderungen

13.1 Nachrüst- und Nachweispflichten der EnEV

Für Eigentümer/innen von Gebäuden gelten gemäß EnEV 2014 §10 die folgenden Nachrüstverpflichtungen. Ausgenommen sind selbst genutzte Ein- und Zweifamilienhäuser, wenn sie bis zum 31.01.2002 erworben wurden. Bei einem Eigentümerwechsel beträgt die Frist für die Umsetzung der Verpflichtungen zwei Jahre ab dem Eigentumsübergang.

Die Anforderungen im Einzelnen:

- Ungedämmte Heizungs- und Warmwasserleitungen müssen, sofern sie sich im unbeheizten Gebäudebereich befinden, ebenso wie Armaturen gemäß EnEV gedämmt sein.
- Eigentümer von Gebäuden dürfen Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden und **vor dem 1. Januar 1985** eingebaut oder aufgestellt worden sind, ab **2015** nicht mehr betreiben. Eigentümer von Gebäuden dürfen Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden und nach dem 1. Januar 1985 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nach Ablauf von 30 Jahren nicht mehr betreiben. Die Sätze 1 bis 2 sind nicht anzuwenden, wenn die vorhandenen Heizkessel Niedertemperatur- oder Brennwertkessel sind.
- Eigentümer von Wohngebäuden müssen dafür sorgen, dass zugängliche Decken beheizter Räume zum unbeheizten Dachraum (oberste Geschossdecken), die nicht die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 erfüllen, nach dem 31. Dezember 2015 so gedämmt sind, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke $0,24 \text{ Watt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ nicht überschreitet. Die Pflicht gilt als erfüllt, wenn anstelle der obersten Geschossdecke das darüber liegende Dach entsprechend gedämmt ist oder den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 genügt. Bei Maßnahmen zur Dämmung in Deckenzwischenräumen oder Sparrenzwischenräumen ist die Anlage 3 der EnEV einzuhalten.

13.2 Bestandssanierung gemäß EnEV

- Die öffentlich rechtliche Nachweisführung zum Wärmeschutz erfolgt gemäß Energieeinsparverordnung 2014 §9 „Änderung, Erweiterung und Ausbau von Gebäuden“, Absatz 1: „Änderungen im Sinne der Anlage 3 Nummer 1-6 bei beheizten oder gekühlten Räumen von Gebäuden sind so auszuführen, dass die in Anlage 3 festgelegten Wärmedurchgangskoeffizienten der betroffenen Außenbauteile nicht überschritten werden...“
- Grundsätzlich kann nach der EnEV 2014 §24 ‚Ausnahmen‘ bei Baudenkmälern oder sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz von den Anforderungen abgewichen werden, wenn die Umsetzung das Erscheinungsbild beeinträchtigt oder notwendige Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen.

14 Förderung von Energiesparmaßnahmen

Zusätzlich zu den vorgestellten Förderprogrammen gibt es eine Vielzahl von weiteren Förderprogrammen. Alle aktuellen Förderprogramme können unter <http://www.foerder-navi.de/> eingesehen werden.

14.1 Bundesamt für Ausfuhrkontrolle und Wirtschaft (BAFA)

Über das Bundesamt für Ausfuhrkontrolle und Wirtschaft (BAFA) werden insbesondere Solarthermie- und Biomasse-Anlagen gefördert.

14.1.1 Solar

Bei Solarkollektoranlagen von 3 bis 10 m² Bruttokollektorfläche, die der ausschließlichen Warmwasserbereitung dienen (mit einem Pufferspeichervolumen von mindestens 200 Litern) beträgt der Zuschuss 500 €. Wenn die Bruttokollektorfläche 11 bis 40 m² beträgt, wird die Anlage mit 50 €/m² bezuschusst.

Bei Solarkollektoranlagen mit bis zu 14 m² Bruttokollektorfläche, die der kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung dienen (mit einem Pufferspeichervolumen von mind. 40 l/m² bzw. 50 l/m² Kollektorfläche) beträgt der Zuschuss 2.000 €. Wenn die Bruttokollektorfläche 15 bis 40 m² beträgt, wird die Anlage mit 140 €/m² bezuschusst.

Wenn auf einem Wohngebäude mit mindestens 3 Wohneinheiten oder einem Nichtwohngebäude mit mindestens 500 m² Nutzfläche eine Solarkollektoranlage mit 20 bis 100 m² installiert wird, wird die Anlage mit 100 €/m² (Warmwasser) bzw. 200 €/m² (Warmwasser + Heizungsunterstützung) bezuschusst.

Zusätzliche Förderung kann für den gleichzeitigen Heizkesseltausch, den Einbau von Biomasseanlagen, Wärmepumpenanlagen oder den Anschluss an ein Wärmenetz gewährt werden. Darüber hinaus wird ein Bonus für besonders effiziente Gebäude und zusätzliche Optimierungsmaßnahmen angeboten.

14.1.2 Biomasse

Bei einem Pelletkessel mit 5 bis 37,5 kW Nennwärmeleistung beträgt der Zuschuss 3.000 €. Wenn die Nennwärmeleistung 37,6 bis 100 kW beträgt, wird die Anlage mit 80 €/kW bezuschusst.

Bei einem Pelletkesseln von 5 bis 43,7 kW Nennwärmeleistung mit einem Pufferspeicher von mindestens 30 l/kW beträgt der Zuschuss 3.500 €.

Wenn die Nennwärmeleistung 43,8 bis 100 kW beträgt, wird die Anlage mit 80 €/kW bezuschusst.

Zusätzliche Förderung kann für eine Brennwertnutzung oder Partikelabscheidung gewährt werden. Darüber hinaus wird ein Bonus für den kombinierten Anschluss an ein Wärmenetz, eine Wärmepumpenanlage, eine Solarkollektoranlage, besonders effiziente Gebäude und zusätzliche Optimierungsmaßnahmen angeboten.

Adresse für Förderanträge:

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Postfach 5171, D-65726 Eschborn,
06196/404-493, www.bafa.de

14.2 Zuschussprogramm des Landes Schleswig-Holstein

Für Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Reduktion von Barrieren von Wohngebäuden steht außerdem das Zuschussprogramm des Landes Schleswig-Holstein zur Verfügung. Antragsberechtigt sind private Eigentümer/innen mit einem Wohnungsbestand von bis zu 20 zu vermietenden Wohneinheiten.

Bei der Umsetzung energetischer Maßnahmen muss eine Reduzierung der CO₂-Emissionen um 20% nachgewiesen werden und ein Energieausweis vorgelegt werden. Die Investitionskosten müssen bei selbstnutzenden Eigentümern mindestens 12.000 € betragen, bei Vermietern mindestens 5.000 € pro Wohneinheit. Bei selbstnutzenden Wohnungseigentümern wird ein Zuschuss in Höhe von 1.000 € gewährt, Vermieter erhalten einen Zuschuss von 10 % der Investitionskosten (max. 2.500 € pro Wohneinheit).

14.3 Kieler Klimaschutzfonds

Der Kieler Klimaschutzfonds gewährt Zuschüsse zu Maßnahmen oder für Leistungen, die in besonderem Maße zur Reduktion der Emissionen von klimawirksamen atmosphärischen Spurengasen, insbesondere Kohlendioxid, und zur Einsparung von Primärenergie beitragen.

Adresse für Förderanträge:

Landeshauptstadt Kiel, Umweltschutzamt, Holstenstraße 108, 24103 Kiel

15 Glossar

Anlagenaufwandszahl

Die Anlagenaufwandszahl stellt das Verhältnis von Aufwand und Nutzen (z. B. eingesetzter Brennstoff zu abgegebener Wärmeleistung) eines gesamten Anlagensystems dar. Je kleiner die Anlagenaufwandszahl ist, umso effizienter ist die Anlage. Sie schließt auch die anteilige Nutzung erneuerbarer Energien ein. Deshalb kann dieser Wert auch kleiner als 1,0 sein, die Primärenergie ist hierbei miteinbezogen. 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 Anlagenaufwandszahl hat nur für die Gebäudeausführung Gültigkeit, für die sie berechnet wurde.

Bezugsfläche

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

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 um 11 % höher als der Heizwert.

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/innen 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.

Energiebilanz

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

Energieeinsparverordnung (EnEV)

Seit dem 1.2.2002 gilt die Energieeinsparverordnung 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. Die Energieeinsparverordnung EnEV 2014 gilt seit dem 1. Mai 2014.

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.

Heizenergiebedarf

Der Heizenergiebedarf ist diejenige Endenergie, die der Heizungsanlage 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.

Heizlast

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

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.

InBA-Standard

Die fortgeschriebenen Standards der Innovativen Bauausstellung Kiel (InBA-Standards) beschreiben Anforderung zur Gesamt- und Teilsanierung von Gebäuden.

Kesselwirkungsgrad

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

KfW

KfW steht ursprünglich für Kreditanstalt für Wiederaufbau. Die KfW-Bankengruppe ist heute eine Förderbank. Sie vergibt günstige Kredite und Zuschüsse im Rahmen von Förderprogrammen der Bundesregierung.

KfW-Effizienzhaus-Standards

Die energetische Qualität eines Gebäudes wird anhand des Jahresprimärenergiebedarfes und des Transmissionswärmeverlustes gemessen. Für diese beiden Kennzahlen definiert die Energieeinsparverordnung Höchstwerte, die ein vergleichbarer Neubau einhalten muss. Aus dem Vergleich erfolgt die Zuordnung in einen der Förderstandards. Ein KfW-Effizienzhaus 100 entspricht den Vorgaben der EnEV für den Neubau. Ein KfW-Effizienzhaus 115 hat einen Jahresprimärenergiebedarf von 115 % eines vergleichbaren Neubaus nach EnEV, ein KfW Effizienzhaus 70 nur 70 %. Beim Standard KfW-Effizienzhaus Denkmal darf der Jahres-Primärenergiebedarf max. 160 % betragen. Bei hohen gestalterischen Auflagen zum Erhalt des Gebäudes sind Ausnahmen in Abstimmung mit der zuständigen Kommune und einem speziell qualifizierten „Sachverständigen für Baudenkmale“ möglich.

Lüftungswärmeverlust

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

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.

Primärenergiebedarf

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

Referenzgebäude

Das Referenzgebäude beschreibt den Neubaustandard nach EnEV. Der maximal zulässige Primärenergiebedarfskennwert und Transmissionswärmeverlust wird für das Gebäude individuell anhand eines Referenzgebäudes mit gleicher Geometrie, Ausrichtung und Nutzungsfläche unter der Annahme standardisierter Bauteile und Anlagentechnik ermittelt.

Temperatur-Korrekturfaktor (F_{xi})

Dimensionsloser Faktor zur Berechnung des Heizwärmebedarfs.

Transmissionswärmeverlust (H'_T)

Der Transmissionswärmeverlust entsteht infolge der Wärmeableitung über die Umschließungsflächen beheizter Räume, wie 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.

Trinkwasserwärmebedarf

Der 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 kWh/(m²a) angesetzt. Dies entspricht einem Bedarf von 23 l/Person/Tag.

U-Wert

Der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient), ist eine wichtige Energiespargröße. Diese bauphysikalische Größe gibt an, wie viel Energie (Watt) pro Bauteilfläche (m²) bei einem Grad Temperaturdifferenz (K = Grad Kelvin) durch das Bauteil transmittiert (Einheit: W/(m²K)). Je kleiner der U-Wert, desto besser ist die Wärmedämmung des Bauteils und umso geringer der Wärmeverlust.

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 oder Fensteranschlüsse an Laibungen.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit in $W/(m \cdot K)$ 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 Wärmedämmeigenschaft 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 eine gute Dämmeigenschaft besitzt. Je mehr Feuchtigkeit ein Baustoff hat, desto höher ist die Wärmeleitfähigkeit. Ein Baustoff mit einer geringen Dichte und einer geringen Feuchtigkeit besitzt deshalb gute Dämmeigenschaften.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht der allgemeinen Daten	18
Tabelle 2 Klimadaten	19
Tabelle 3 Übersicht der wärmeübertragenden Flächen	21 - 23
Tabelle 4 U-Werte Heizungsanlage	26
Tabelle 5 U-Werte Wasseranlage 1	27
Tabelle 6 Einstufung gemäß Neubaustandard EnEV	29
Tabelle 7 Energiebilanz Gebäude	30
Tabelle 8 spezifische Kennzahlen	30
Tabelle 9 Variantenübersicht	35
Tabelle 10 Energiepreissteuerung und Zinssatz	40
Tabelle 11 Kosten in EUR	40
Tabelle 12 Anforderungswerte für die KfW-Effizienzhäuser	41
Tabelle 13 Förderübersicht der Varianten (Stand Juni 2015)	42
Tabelle 14 Teilschulderlass (Kreditvariante) (Stand Juni 2015)	43
Tabelle 15 Direkter Zuschuss (ohne Kredit) (Stand Juni 2015)	43
Tabelle 16 Einstufung der Variante	44
Tabelle 17 Übersicht der Gebäudedaten für das KfW-Effizienzhaus	45
Tabelle 18 Bauteile, Systemschnitt	50
Tabelle 19 Systemschnitt, Bauteile Kellerdecke	54
Tabelle 20 Material-/ Bauteilliste Kellerdecke, Terrazzo	56
Tabelle 21 Material-/Bauteilliste Fenster	59
Tabelle 22 Material-/Bauteilliste Aussenwand	63
Tabelle 23 Material-/Bauteilliste Sturz	65
Tabelle 24 Material-/Bauteilliste oberste Geschossdecke, ungedämmter Dachraum	68
Tabelle 25 Material-/Bauteilliste oberste Geschossdecke	70
Tabelle 26 Material-/Bauteilliste Wand zum ungedämmten Dachraum	72
Tabelle 27 Material-/Bauteilliste Dach	75
Tabelle 28 Spezifische Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger	83
Tabelle 29 Kenndaten Gebäude	87
Tabelle 30 Kenndaten Wohnung zur Überprüfung der Notwendigkeit	88
Tabelle 31 Mindestdämmstärken für Wärmeverteilungen	91

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Mehrfamilienhaus 3er Typ	1
Abbildung 2 Elmschenhagen Süd, Zeichnung 1929	7
Abbildung 3 Erdgeschoß-Grundriss vom Mehrfamilienhaustyp, Zeichnung von 1939	8
Abbildung 4 Vorderansicht vom Mehrfamilienhaustyp, Zeichnung von 1939	9
Abbildung 5 Rückansicht vom Mehrfamilienhaustyp, Zeichnung von 1948 (Wiederaufbau)	9
Abbildung 6 Detailschnitt aus der Bauantragszeichnung von 1939	11
Abbildung 7 Die Stufen des Energiebedarfs	14
Abbildung 8 Ermittlung des Energiebedarfs	15
Abbildung 9 Thermogramm, Ansicht 1	16
Abbildung 10 Thermogramm, Ansicht 2	16
Abbildung 11 Thermogramm, Ansicht 3	17
Abbildung 12 Thermogramm, Ansicht 4	17
Abbildung 13 Vorderansicht	19
Abbildung 14 Rückansicht	20
Abbildung 15 Seitenansicht	20
Abbildung 16 Energieverluste und Gewinne	31
Abbildung 17 prozentuale Verteilung der Transmissionswärmeverluste	32
Abbildung 18 prozentuale Verteilung der gesamten Verluste	33
Abbildung 19 Energieeinsparung der Varianten	36
Abbildung 20 Enenergiebedarf des Gebäudes	37
Abbildung 21 Primärenergiebedarf des Gebäudes	37
Abbildung 22 statische Gesamtkosten	38
Abbildung 23 statische Amortisationszeit	38
Abbildung 24 Energiekosteneinsparung	39
Abbildung 25 Heizlast ohne Warmwassererzeugung (nach DIN EN 12831)	39
Abbildung 26 Systemschnitt	49
Abbildung 27 Detail 1.1.1 Kellerdecke	53
Abbildung 28 Detail 1.1.2 Kellerdecke	55
Abbildung 29 Detail 1.2 Fenster	58
Abbildung 30 Detail 1.3 Aussenwand	62
Abbildung 31 Detail 1.4 Sturz	64
Abbildung 32 Detail 1.5 oberste Geschossdecke, ungedämmter Dachraum	67
Abbildung 33 Detail 1.6 oberste Geschossdecke, DG oberseitig gedämmt	69
Abbildung 34 Detail 1.7 Wand zum ungedämmten Dachraum	71
Abbildung 35 Detail 1.8 Dach 45°	74
Abbildung 36 CO ₂ -Emissionen der Varianten	84
Abbildung 37 NO _x - Emissionen der Varianten	85