

# Mustersanierungskonzept für Terrassenhäuser in der Siedlung Elmschenhagen Süd

Gebäudetyp: Mehrfamilienhäuser Terrassenhäuser



Abbildung 1 Mehrfamilienhäuser, Terrassenhäuser

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

<b>1</b>	<b>VORBEMERKUNGEN</b>	<b>5</b>
1.1	Anlass und Ziel des Mustersanierungskonzeptes	5
<b>2</b>	<b>DER HAUSTYP</b>	<b>6</b>
2.1	Die bauliche Substanz und ihre Besonderheiten	6
2.2	Heizungs- und Warmwasserversorgung	8
<b>3</b>	<b>ALLGEMEINE HINWEISE</b>	<b>9</b>
3.1	Das Bilanzverfahren der Energieeinsparverordnung (EnEV)	10
3.2	Der Berechnungsweg	11
<b>4</b>	<b>IST-ANALYSE</b>	<b>12</b>
4.1	Bestandsfotos	13
4.2	Allgemeine Daten	16
4.3	Klimadaten	16
4.4	Grundannahmen zur Berechnung - Bauteile des Gebäudes	17
4.5	Wärmebrücken	24
4.6	Lüftungsverluste	25
4.7	Beschreibung der Heizungs- und Warmwasseranlage	25
<b>5</b>	<b>ENERGIEBILANZ DES BESTEHENDEN GEBÄUDES</b>	<b>28</b>
5.1	Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV	28
5.2	Energiebedarf	29
5.3	Vergleich des tatsächlichen Energieverbrauchs mit dem rechnerisch ermittelten Energiebedarf	32
<b>6</b>	<b>MODERNISIERUNGSVARIANTEN</b>	<b>33</b>
6.1	Übersicht Energie- und Kosteneinsparung	33
6.2	Grafiken Energie- und Kosteneinsparung	35
6.3	Kostengrundlage	38
6.4	KfW Förderungsübersicht	38
6.5	Komplettsanierung des Gebäudes zum Effizienzhaus	41
6.6	Empfohlene Maßnahmen- Sanierungsfahrplan	42

<b>7</b>	<b>MAßNAHMENBESCHREIBUNG</b>	<b>44</b>
7.1	Variante: Referenzgebäude	44
7.2	Variante: Außenwände	45
7.3	Variante: Fenster und Haustüren	47
7.4	Variante: Innenwände- und Decken gegen Keller	49
7.5	Variante: Dach und Terrassen	51
7.6	Variante: Nahwärme Kraftwärmekopplung (KWK)	53
7.7	Variante: Gas-Brennwerttherme Gebäudezentral & solare Warmwasser-bereitung	55
7.8	Variante: Pelletkessel	57
7.9	Variante: Kfw-Effizienzhaus 100 & InBA-Standard	59
<b>8</b>	<b>SCHADSTOFFBILANZ</b>	<b>62</b>
<b>9</b>	<b>ALLGEMEINE ERLÄUTERUNGEN</b>	<b>64</b>
9.1	Lüftungskonzept nach der DIN 1946-6	64
9.2	Wärmebrücken	64
<b>10</b>	<b>SONSTIGE MAßNAHMEN</b>	<b>65</b>
<b>11</b>	<b>GESETZLICHE ANFORDERUNGEN</b>	<b>67</b>
11.1	Nachrüst- und Nachweispflichten der EnEV	67
11.2	Bestandssanierung gemäß EnEV	67
<b>12</b>	<b>FÖRDERUNG VON ENERGIESPARMAßNAHMEN</b>	<b>69</b>
12.1	Bundesamt für Ausfuhrkontrolle und Wirtschaft (BAFA)	69
12.2	Zuschussprogramm des Landes Schleswig-Holstein	70
12.3	Kieler Klimaschutzfonds	70
<b>13</b>	<b>GLOSSAR</b>	<b>71</b>



## 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 Der Haustyp

Bei den Terrassenhäusern handelt es sich um 18 Gebäude im Stadtteilbereich Elmschenhagen-Süd mit jeweils 10 - 12 Wohneinheiten. Ein Teil der Häuser befindet sich im Besitz eines Wohnungsunternehmens und wird vermietet. Der andere Teil befindet sich im Besitz von privaten Wohnungseigentümern. Von den Gebäuden in Privatbesitz sind jeweils drei Häuser zu einer Wohnungseigentümergeinschaft zusammengeschlossen.

Die Häuser sind zeitgleich in den Jahren 1977 - 1982 errichtet worden. Bei den Gebäuden handelt es sich um viergeschossige Mehrfamilienwohnhäuser, welche terrassenförmig am Hang zu dem angrenzenden Grünzug nach Süden orientiert angelegt wurden. Die vier Geschosse liegen dem Hang folgend versetzt übereinander. Durch die versetzten Geschosse entwickeln sich auf den Südseiten, jeweils über den darunterliegenden Wohnungen, großzügige Terrassenflächen. Keller- und Technikräume sind in unterschiedlichen Geschossen in den Baukörper eingeschoben, so dass diese Räume größtenteils von mehreren Seiten von beheizten Räumen umschlossen sind. Im dritten Geschoss, welches der Hanglage entsprechend das Erdgeschoss bildet, sind auf der Nordseite die Garagen eingeschoben.

### 2.1 Die bauliche Substanz und ihre Besonderheiten

Der Gebäudezustand der Gebäude ist sehr unterschiedlich. Da immer drei Gebäude eine Eigentümergeinschaft bilden, sind die jeweils zu einer Gemeinschaft gehörenden Gebäude im gleichen Sanierungszustand. Für alle Häuser liegen Energieverbrauchsausweise aus dem Jahr 2008 vor.

Bei den Häusern Illerweg 32 - 59 wurde die Gebäudehülle bis auf den Austausch von einem Großteil der Fenster nicht saniert. Die Heizung wurde jedoch 2011 komplett erneuert.

Die Häuser Isarweg 56 - 70 und Illerweg 61 - 76 sind dringend sanierungsbedürftig. Ob bei diesen Häusern ein Heizungsaustausch stattgefunden hat, konnte nicht festgestellt werden.

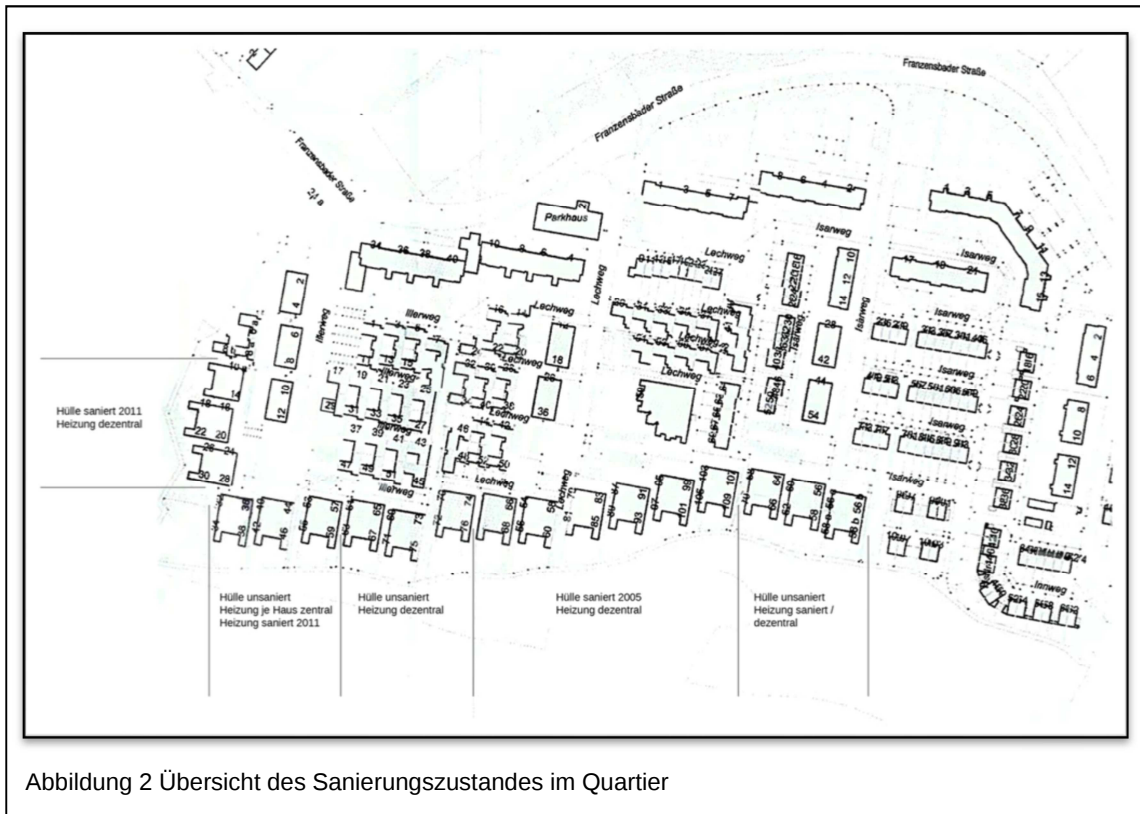


Abbildung 2 Übersicht des Sanierungszustandes im Quartier

Bei den Häusern Lechweg 54 - 109 fand eine Sanierung der Gebäudehülle im Jahr 2005 statt. Es wurde ein Wärmedämmverbundsystem aufgebracht und isolierverglaste Fenster und Haustüren eingebaut. Ob die Dächer und Terrassenflächen gedämmt wurden, konnte nicht festgestellt werden. Ebenfalls gibt es keine Informationen über den Zustand der Heizung. Gemäß dem Energieverbrauchsausweis von 2008 wurde die Heizung 1994 erneuert

Bei den Häusern Illerweg 10 - 30 wurde im Jahr 2011 die Gebäudehülle saniert (Wärmedämmverbundsystem (WDVS), Fenster, Dach). Der Zustand der Heizung konnte hier ebenfalls nicht ermittelt werden. Gemäß Energiebedarfsausweis von 2008 wurde die Heizung 2002 erneuert.

Ein Sanierungswille ist bei den Häusern Illerweg 32 - 59 konkret vorhanden. Bei den nicht sanierten Teilen der Gebäudehülle existiert ein Instandhaltungsstau. Dieses betrifft besonders vorhandene Schäden an den Dach- und Terrassenabdichtungen, der Putzfassade und den Fenstern.

## 2.2 Heizungs- und Warmwasserversorgung

Die Heizung und Warmwasserbereitung erfolgt in allen Häusern zentral über Gasheizungen. Ursprünglich wurden immer drei Terrassenhäuser von einer zentralen Heizung versorgt. Diese Mini-Wärmenetze wurden in den letzten Jahren z. T. getrennt und durch objektbezogene Heizungsanlagen ersetzt. Der Zustand der Nahwärmeverteilungen zwischen den Häusern scheint eher schlecht zu sein.

Das Alter der Heizungsanlagen ist sehr heterogen (Baujahr 1974 bis 2011).



## 3 Allgemeine Hinweise

Auf Grundlage der Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Unterlagen wurde eine computergestützte Energiediagnose erstellt. Dazu wurden aus den bau- und heizungs-technischen 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 (EnEV) 2014 durchgeführt.

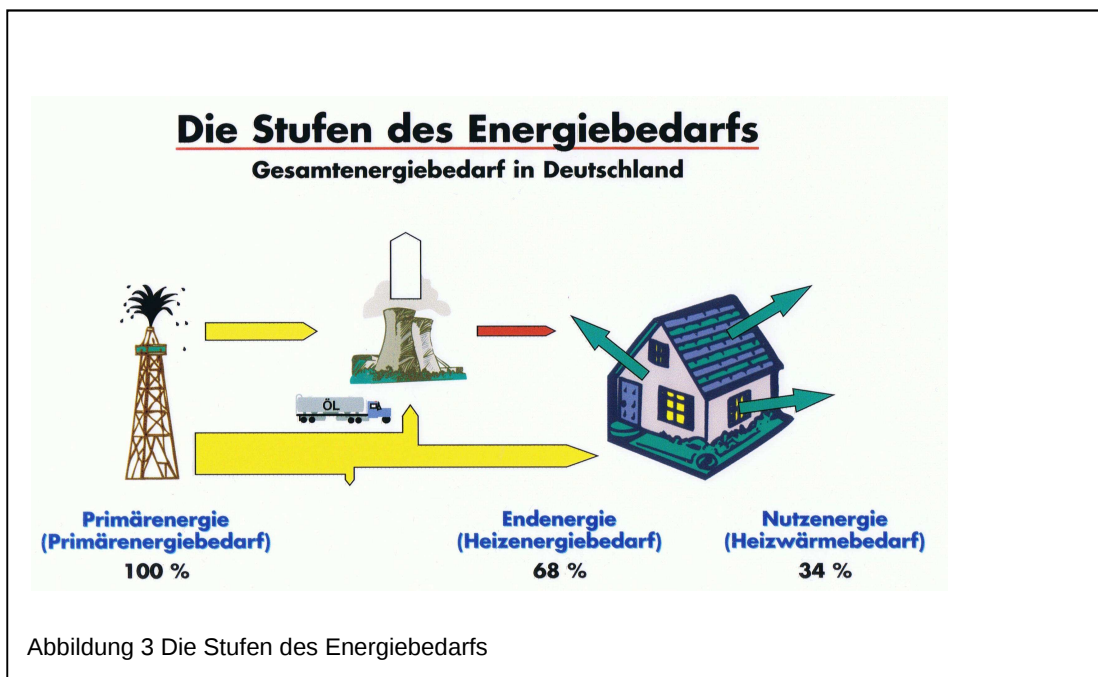
Einflüsse des Nutzerverhaltens sind bei diesem Verfahren weitgehend ausgeklammert. Dies erlaubt eine Beurteilung der reinen Bausubstanz sowie der Anlagentechnik. Da von einem "Normnutzerverhalten" ausgegangen wird, lässt der Vergleich des theoretisch berechneten Energiebedarfs und des tatsächlich in 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.

## 3.1 Das Bilanzverfahren der Energieeinsparverordnung (EnEV)

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

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



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

### 3.2 Der Berechnungsweg

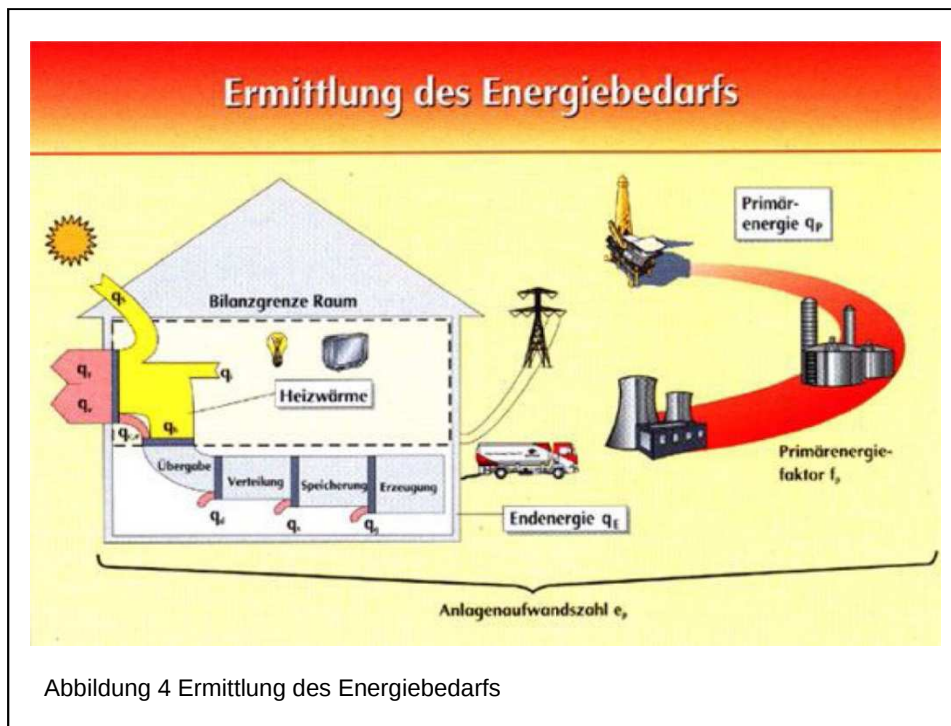


Abbildung 4 Ermittlung des Energiebedarfs

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.

## 4 Ist-Analyse

Für die Erstellung des vorliegenden Modernisierungskonzeptes für die Terrassenhäuser im Stadtteilbereich Elmschenhagen-Süd wurde zunächst eine Analyse des Ist-Zustandes durchgeführt. Darauf basierend wurden die Möglichkeiten der energetischen Modernisierung der jeweiligen Bauteile und der Einsatz von erneuerbaren Energien für die Beheizung und die Warmwasserbereitung sowie der Einsatz eines Nahwärmekonzeptes mit Kraftwärmekopplung (KWK) untersucht. Abschließend wurde eine Sanierung zu einem KfW-Effizienzhaus 100 berechnet. Diese untersuchte Variante entspricht auch den Erfordernissen des InBA-Standards.

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

Zur Erfassung des Gebäudezustandes der Terrassenhäuser am Illerweg / Lechweg wurden zwei Häuser im Illerweg im Rahmen einer Vor-Ort Begehung mit Wohnungseigentümern begutachtet. Bei einem Gebäude am Illerweg war eine Wohneinheit zugänglich. Zu den Technik- und Kellerräume war kein Zugang möglich. Bei dem anderen Gebäude am Illerweg konnten alle Nebenräume wie Keller- und Technikräume begutachtet werden. Hier war ebenfalls eine Wohnung zugänglich.

Alle anderen Häuser konnten nur von außen begutachtet werden.

#### 4.1 Bestandsfotos



Abbildung 5 Ansicht Straßenseite (Garagen)



Abbildung 6 Seitenansicht



Abbildung 7 Ansicht Parkseite

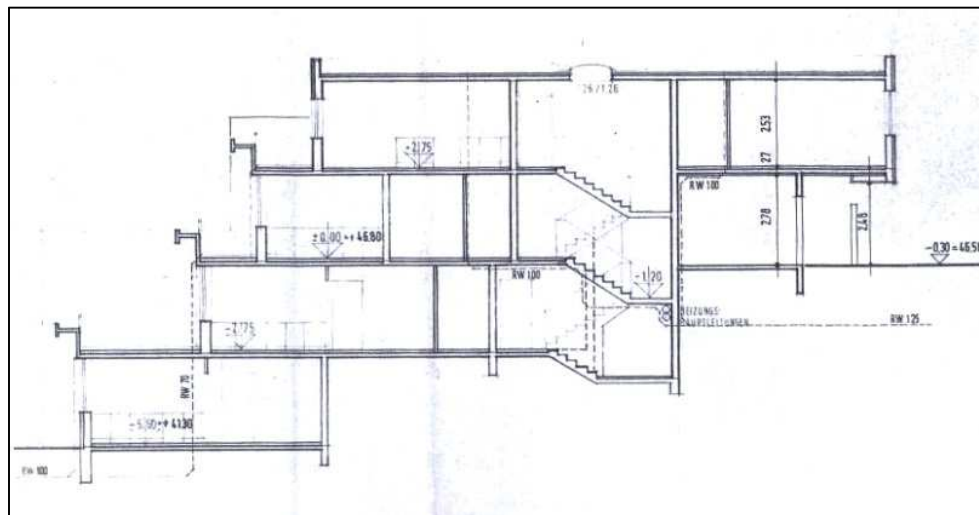


Abbildung 8 Gebäudeschnitt



## 4.2 Allgemeine Daten

Haustyp	Wohngebäude
Standort	24146 Kiel
Straße	Illerweg, Innweg, Lechweg, Isarweg
Gemarkung	Kiel-Elmschenhagen
Baujahr	1977
Bezugsfläche $A_n$	999 m <sup>2</sup>
Beheizte Volumen	3123 m <sup>3</sup>
Hüllfläche	2304 m <sup>2</sup>
Lüftung	Natürliche Lüftung
$A/V_e$ Verhältnis	0,74 1/m
Wärmebrücken	pauschal

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.

## 4.3 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	3142,5 d °C/a

Tabelle 2 Klimadaten



## 4.4 Grundannahmen zur Berechnung - Bauteile des Gebäudes

Die Häuser weisen einen sehr heterogenen Sanierungszustand auf, daher wurde als Grundlage für das Mustersanierungskonzept ein unsaniertes Gebäude angesetzt. Da jedoch bei allen Häusern größtenteils ein Austausch der Fenster stattgefunden hat, wurden für das Mustersanierungskonzept isolierverglaste Fenster aus der Einbauzeit von 1995 bis 2002 angesetzt. Da davon auszugehen ist, dass alle Heizungen bereits einmal ausgetauscht wurden, wurde für die Heizung eine Gas-Brennwerttherme mit verbesserten Standardwerten angesetzt. Die Berechnung erfolgte für ein Nahwärmenetz, bei dem drei Häuser über eine Heizzentrale versorgt werden. Jedes Haus besitzt jedoch einen eigenen Warmwasser-Speicher.

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

P.	Bauteil	Einbau-zustand	Zusatz	U-Wert	max. U-Wert (EnEV)	max. U-Wert (KfW)	Fläche m <sup>2</sup>	F <sub>xi</sub>	H <sub>T</sub> W/K	Konstruktion
				W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)				
1	Dach	Außenluft		0,355	0,200	0,140	403,220	1,00	143,140	Flachdach
2	Fenster, ohne Ausrichtung	Außenluft	Lichtkuppel	2,900	1,300	0,950	1,440	1,00	4,180	Isolierglas_Fenster
3	Dach	Außenluft	Terrassen	0,355	0,200	0,140	225,530	1,00	80,060	Flachdach
4	Deckenfläche	Außenluft unterhalb		0,769	0,240	0,200	168,130	1,00	129,290	Decke ü. Garage
5	Deckenfläche	unbeheizte Räume unterhalb		1,871	0,300	0,200	136,770	0,50	127,950	Geschossdecke UG
6	Wand, hinterlüftet	Außenluft	OG/Nord	0,667	0,240	0,200	56,310	1,00	37,560	Außenwand OG
7	Fenster, Nord	Außenluft		1,800	1,30	0,950	14,760	1,00	26,57	Kunststofffenster
8	Wand, hinterlüftet	Außenluft	OG/Ost	0,662	0,240	0,200	52,040	1,00	34,450	Außenwand OG
9	Fenster, Ost	Außenluft		1,800	1,300	0,950	1,620	1,00	2,920	Kunststofffenster
10	Wand, hinterlüftet	Außenluft	OG/Süd	0,662	0,240	0,200	28,230	1,00	18,690	Außenwand OG
11	Fenster, Süd	Außenluft		1,800	1,300	0,950	42,840	1,00	77,110	Kunststofffenster

P.	Bauteil	Einbau-zustand	Zusatz	U-Wert W/(m²K)	max. U-Wert (EnEV) W/(m²K)	max. U-Wert (KfW) W/(m²K)	Fläche m²	F <sub>xi</sub>	H <sub>T</sub> W/K	Konstruktion
12	Wand, hinterlüftet	Außenluft	OG/West	0,662	0,240	0,200	49,520	1,00	32,780	Außenwand OG
13	Fenster, West	Außenluft		1,800	1,300	0,950	4,140	1,00	7,450	Kunststofffenster
14	Wand	unbeheizte Räume	Nord	1,383	0,300	0,250	157,410	0,50	108,850	Wand gg. Keller
15	Tür, Nord	unbeheizte Räume		2,200	keine Vorgabe	keine Anf.	17,790	0,50	19,570	Standardtür
16	Wand	Außenluft	Nord	1,967	0,240	0,200	32,270	1,00	63,480	Wand gegen Garage
17	Wand	Erdreich	Nord	2,566	0,3	0,25	88,28	0,6	135,92	Außenwand
18	Wand	Außenluft	Nord	0,585	0,24	0,20	16,62	1,0	9,72	Außenwand GG-UG-EG
19	Wand	Außenluft	Ost	0,585	0,24	0,20	123,54	1,0	72,27	Außenwand GG-UG-EG
20	Fenster, Ost	Außenluft		1,800	1,3	0,95	10,8	1,0	19,44	Kunststofffenster
21	Tür, Ost	Außenluft		2,800	2,9	1,3	4,51	1,0	12,63	Hauseingangstür
22	Wand	Außenluft	Süd	0,585	0,24	0,20	120,04	1,0	70,22	Außenwand GG-UG-EG
23	Fenster, Süd	Außenluft		1,800	1,3	0,95	84,1	1,0	151,38	Kunststofffenster

P.	Bauteil	Einbau-zustand	Zusatz	U-Wert	max. U-Wert (EnEV)	max. U-Wert (KfW)	Fläche m <sup>2</sup>	F <sub>xi</sub>	H <sub>T</sub>	Konstruktion
				W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)			W/K	
24	Wand	Außenluft	West	0,585	0,24	0,20	123,54	1,0	72,27	Außenwand GG-UG-EG
25	Fenster, West	Außenluft		1,800	1,3	0,95	10,8	1,0	19,44	Kunststofffenster
26	Tür, West	Außenluft		2,800	2,9	1,3	4,51	1,0	12,63	Hauseingangstür
27	Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte		0,613	0,3	0,25	325,29	0,5	99,70	Sohle gegen Erdreich

Tabelle 3 Übersicht der wärmeübertragenden Flächen

## 4.4.1 Außenwände

Die Außenwände der Häuser bestehen aus einem zweischaligen Mauerwerk mit einer Innenschale aus einem Porotonstein, einer Zementmörtelfuge und einem außenliegenden Kalksandverblendstein. Bereits kurz nach der Bauzeit sind Risse im Verblendstein aufgetreten so dass Feuchtigkeit in das Mauerwerk eintreten konnte. Aus diesen Gründen wurde bereits in den 1980er Jahren ein 3 cm starkes Wärmedämmverbundsystem mit Polystyrol und einem Mineralischen Putz aufgetragen. Dieses WDVS ist heute noch auf den unsanierten Häusern vorhanden und hat das Mauerwerk bis heute vor dem Eindringen von Feuchtigkeit geschützt. Die Wärmedämmverbundfassade der Terrassenhäuser Illerweg 32-59 weist in verschiedenen Teilflächen Schäden auf. Es sind starke Risse mit Putzablösungen vorhanden. Feuchtigkeit ist in den Aufbau eingedrungen und führt zu Durchfeuchtungen der Dämmstoffschichten.

Die Außenwand der obersten Geschosse besteht aus einem Porotonstein mit einer hinterlüfteten Vorhangfassade aus vorgehängten Platten (Schiefer oder Eternit). Die Fassaden sind mit 2 cm Mineralwollgedämmung gedämmt. Die Platten sind zu Teilen noch aus der Bauzeit und eventuell asbestbelastet.

Die Häuser Illerweg 10-30 wurden im Jahr 2011 teilsaniert. Die Außenwände wurden mit einem 16 cm dicken Wärmedämmverbundsystem versehen. Die Häuser Lechweg 54-109 wurden 2005 teilsaniert. Es wurde ein Wärmedämmverbundsystem mit 8 cm Dämmung aufgebracht.

## 4.4.2 Innenwände zu unbeheizten Räumen (Kellerräume)

Die Wände zur Garage und zu den Kellerräumen bestehen aus einem 24 cm starken Kalksandstein. Der U-Wert dieser Wände ist damit besonders schlecht. Eine Dämmung zwischen beheizten und unbeheizten Räumen existiert nicht.

Da die Kellerräume in die Wohnbereiche eingeschoben sind, grenzt ein Großteil der Kellerbereiche zu mehreren Seiten an die beheizten Wohnbereiche an. Vor Ort konnte festgestellt werden, dass die Temperaturen in den unbeheizten Kellerräumen denen in den angrenzenden Wohnbereichen fast entsprachen.

## 4.4.3 Dächer

Die Flachdächer der Gebäude bestehen aus einer Stahlbetondecke mit einer Gefälledämmung. Zur Dicke der Dämmung liegen unterschiedliche Informationen vor. Diese variieren zwischen 10 und 14 cm im Mittel. Die Abdichtung erfolgte mit einer mehrlagigen Bitumenbahn. Die Abdichtungen an den noch unsanierten Dächern weisen Risse und Blasenbildungen auf. Die Einfassungen der Lichtkuppeln, Schornsteineinfassungen und Andichtungen an Einfassungen weisen Schäden auf.

## 4.4.4 Terrassen

Auf der Südseite sind die Gebäude abgetreppt. Die Terrassen liegen über den Wohnräumen. Die Abklebungen sind zu Teilen undicht. Ob es unter den Abdichtungen eine Dämmschicht gibt, konnte nicht festgestellt werden. Da die Dächer jeweils über die darunterliegenden Terrassen entwässern, gibt es hier Durchfeuchtungsprobleme in den Wohnungen. Die Nebendächer weisen keine Schäden auf.

## 4.4.5 Sohle

Die Sohle der Gebäude ist entsprechend der terrassenförmig angelegten Gebäude dem Hang entsprechend abgetreppt. Nur geringe Teile der Gebäude liegen unterhalb des Geländeniveaus. Die Sohle besteht aus einer Stahlbetonsohle mit Abdichtung und einem schwimmenden Estrich mit 5 cm Dämmung und 3,5 cm Zementestrich. Die Sohle ist in einem guten Zustand. Feuchteschäden sind nicht bekannt.

Die eingeschobenen Garagen sind unter der Garagendecke mit 5 cm dicken Heraklithplatten zu den darüber liegenden Wohnräumen verkleidet.

## 4.4.6 Fenster

Die Fenster waren ursprünglich isolierverglaste Holzfenster. Bei allen Gebäuden (außer den Häusern Lechweg 54 - 109) sind noch einzelne Fenster aus der Bauzeit vorhanden. Alle anderen Fenster wurden bereits gegen verbesserte isolierverglaste Fenster ausgetauscht. Die Bauzeit dieses ersten Fensteraustausches konnte nicht ermittelt werden und lag voraussichtlich in den 1980er Jahren. Diese vor allen Dingen auf der Südseite im Bereich der Terrassenelemente noch vorhandenen Fenster weisen Zeichen der Alterung auf und sollten unbedingt erneuert werden. Auch die in den Fensterelementen vorhandenen geschlossenen Paneele entsprechen energetisch nicht mehr den heutigen Anforderungen. Ansonsten wurden Fenster in den 1990er Jahren bis heute nach und nach gegen isolierverglaste Fenster ausgetauscht. Da die vorhandenen Fenster nicht einzeln erfasst werden konnten, wurde im Mustersanierungskonzept für die bestehenden Fenster ein mittlerer U-Wert von  $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$  angesetzt. Die Haustüren sind bei diesen Häusern noch im Ursprungszustand.

Die Häuser Lechweg 54-109 haben im Jahr 2005 neue isolierverglaste Kunststofffenster bekommen. Die Haustüren wurden ebenfalls erneuert. Die Fenster und Haustüren sind hier in einem guten Zustand.

Die Häuser Illerweg 10-30 wurden im Jahr 2011 mit einem WDVS versehen. Die ursprünglichen isolierverglasten Fenster wurden teilweise in den 1990er Jahren gegen verbesserte isolierverglaste Fenster ausgetauscht. Im Rahmen des Aufbringens der Außenwanddämmung wurden diese Fenster nicht erneuert und sind energetisch in einem sanierungsbedürftigen Zustand.

## 4.5 Wärmebrücken

Bei den Gebäuden sind entsprechend der Bauzeit große Wärmebrücken vorhanden. Die Stahlbetonaufkantung der Attika der Dächer sind komplett ungedämmt. Die hier vorhandenen Wärmebrücken wirken sich vor allen Dingen durch Feuchteanfall im Obergeschoss in den Innenecken zwischen Dachrand und Außenwänden aus. Da die Wohnungen nicht begangen werden konnten, konnte nicht geprüft werden, inwieweit hier Schimmelbefall vorhanden ist.

Die Stahlbetondecken der Terrassen über den Wohnbereichen haben als Brüstung eine Betonaufkantung. Die Brüstungen sind komplett ungedämmt. Ob die Terrassenflächen gedämmt sind, konnte nicht festgestellt werden. Da die Brüstungen ohne thermische Trennung an die Stahlbetondecken der darunter liegenden Wohnungen anschließen, ist auch in diesen Gebäudeecken mit Schimmelbefall zu rechnen.

Die Decken über den Hauseingängen sind unterseitig nicht gedämmt. Die Dämmung der Fußböden der darüber liegenden Wohnungen besteht hier ausschließlich aus der Trittschalldämmung der Fußbodenaufbauten.

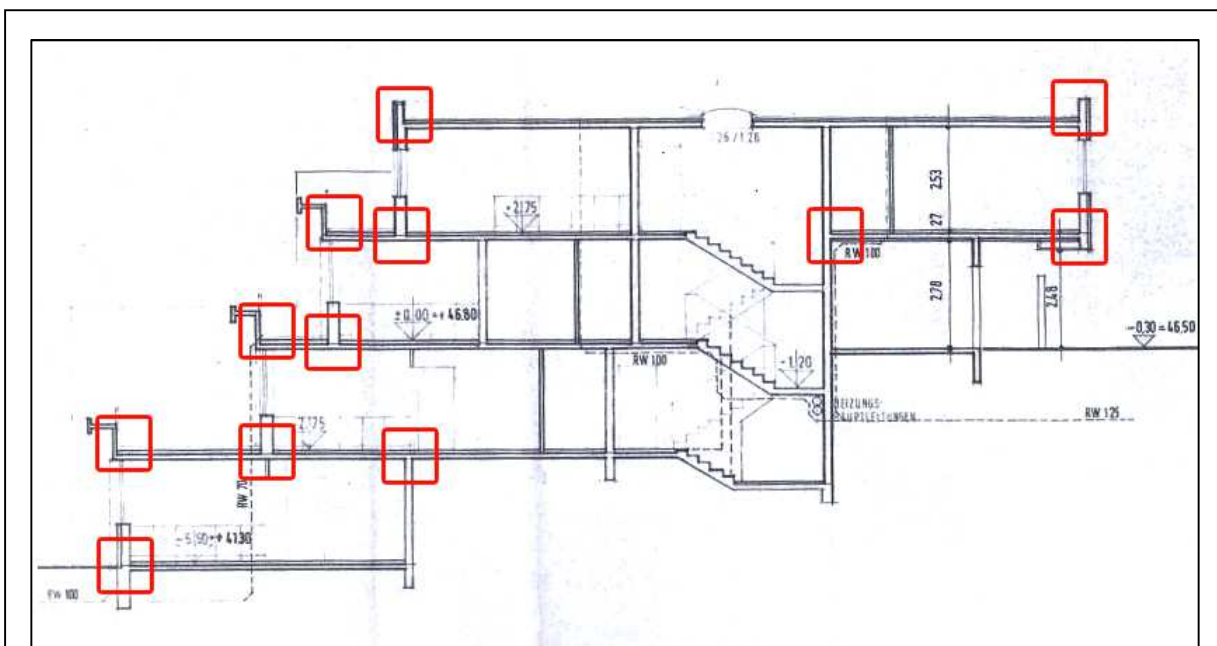


Abbildung 10 Wärmebrücken der Gebäude (Gebäudeschnitt)



## 4.6 Lüftungsverluste

Die Massivbauweise mit verputzten Wänden und Stahlbetonsohle- und Dach führt zu einer relativ luftdichten Gebäudehülle in diesen Bereichen. Die Fenster wurden jedoch nicht luftdicht eingebaut, so dass im Bereich der Fenster von unkontrollierten Lüftungswärmeverlusten auszugehen ist.

## 4.7 Beschreibung der Heizungs- und Warmwasseranlage

Die Heizung und Warmwasserbereitung erfolgt in allen Häusern zentral über Gasheizungen. Ursprünglich wurden jeweils drei Terrassenhäuser von einer zentralen Heizung versorgt. Die Nahwärmeverteilungen zwischen den Häusern - soweit noch vorhanden - scheint sanierungsbedürftig zu sein.

Die Warmwasserbereitung erfolgt ebenfalls zentral über die Heizanlage. Gemäß der Ausweisung in den vorliegenden Energieausweisen wurden die Heizungen zwischen den Jahren 1994 - 2011 erneuert. In den Häusern Illerweg 32-59 wurde die Heizung 2011 erneuert. Jedes dieser drei Häuser hat eine Hauszentrale Heizanlage mit einer Gas-Brennwerttherme und einem Speicher bekommen. Für die anderen Häuser ist nichts über die Heizung bekannt.

Grundlage für die Berechnung des Mustersanierungskonzeptes ist eine verbesserte Heizung dezentral über ein Nahwärmenetz für die Versorgung von drei Häusern mit einem zentralen Warmwasserspeicher je Gebäude.

Die Heizkörper werden versorgt durch einen Einrohrheizkreislauf. Innerhalb der Wohnungen gibt es Radiatorheizkörper, Flachheizkörper und in den Bädern teilweise Handtuchheizkörper.

Die Heizkörper in den Häusern sind in allen Häusern noch im Ursprungszustand. In den Wohnzimmern gibt es Radiatoren, in anderen Räumen Flachheizkörper.

### 4.7.1 Heizungsanlage 1

#### Erzeuger

Nutzfläche $A_n$ :	999,40 m <sup>2</sup>
Baujahr:	1977
Leistung:	110,60 kW
Wärmeerzeugertyp:	Fern-/Nahwärme-Übergabestation, im unbeh. Bereich
Kombibetrieb(auch WW):	ja
Brennstoffart:	Erdgas
Primärenergiefaktor:	1,100
Aufwandszahl:	1,020
Hilfsenergiebedarf:	0,000 kWh/(m <sup>2</sup> a)
mittlere Heizkreistemp.:	61,45 °C

## Speicherung

Speichertyp:	kein Speicher
Speichernenninhalt:	0 l
Bereitschaftsverluste:	0,000 kWh/d
spezif. Wärmebedarf:	0,000 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Hilfsenergiebedarf:	0,000 kWh/(m <sup>2</sup> a)

## Verteilung

horizontale Verteilung:	innerhalb / mäßig gedämmt
Strangleitung:	innerhalb / mäßig gedämmt
	Außenwand/mäßig gedämmt
Anbindeleitung:	innerhalb / ungedämmt
spezif. Wärmebedarf:	15,600 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Hilfsenergiebedarf:	0,510 kWh/(m <sup>2</sup> a)

## Übergabe

Art der Übergabe:	Thermostatventile, Proportionalbereich 2K, Außenwandbereich
spezif. Wärmebedarf:	3,30 kWh/(m <sup>2</sup> a)

Länge	fa	U-Wert
52,50 m	0,15	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
75,00 m	0,48	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
549,70 m	0,10	1,00 W/(m <sup>2</sup> K)

Tabelle 4 Angaben zur Verteilung

## 4.7.2 Warmwasseranlage 1

### Erzeuger

Nutzfläche $A_n$ :	999,40 m <sup>2</sup>
Baujahr:	1977
Leistung:	110,60 kW
Wärmeerzeugertyp:	Fern-/Nahwärme-Übergabestation
Brennstoffart:	Erdgas
Primärenergiefaktor:	1,10
Aufwandszahl:	1,14
Hilfsenergiebedarf:	0,400 kWh/(m <sup>2</sup> a)

### Speicherung

Speichertyp:	indirekt beheizter Speicher, Aufstellung im unbeheizten Bereich
Speicher-Nenninhalt:	785 l
Bereitschaftsverluste:	7,965 kWh/d
spezif. Wärmebedarf:	2,750 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Hilfsenergiebedarf:	0,030 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizwärmegutschrift:	0,000 kWh/(m <sup>2</sup> a)

### Verteilung mit Zirkulation

horizontale Verteilung:	innerhalb/ mäßig gedämmt
Strangleitung:	innerhalb, ungedämmte Außenwand/ mäßig gedämmt
Stichleitung:	Standardanordnung / mäßig gedämmt
spezif. Wärmebedarf:	16,330 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Hilfsenergiebedarf:	0,280 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizwärmegutschrift:	7,770 kWh/(m <sup>2</sup> a)

Länge	fa	U-Wert
46,00 m	0,15	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
75,00 m	0,48	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
75,00 m	0,10	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)

Tabelle 5 Angaben zur Verteilung

## 5 Energiebilanz des bestehenden Gebäudes

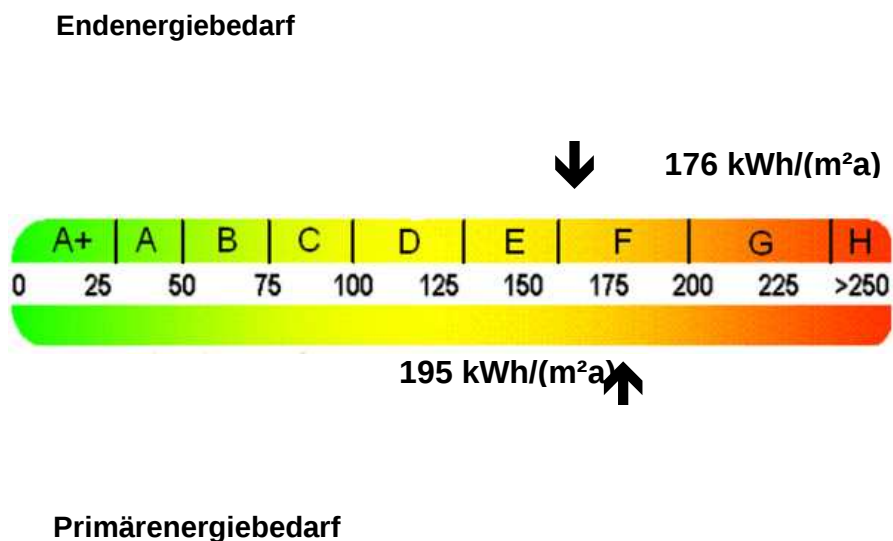
Das Gebäude hat einen spezifischen Heizwärmebedarf von 124,96 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Ein vergleichbares Gebäude nach Energieeinsparverordnung gebaut hätte einen Heizwärmebedarf von ca. 50 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der spezifische Energiebedarf - incl. Warmwassererwärmung und Verlusten des Heizungssystems - beträgt 176,04 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Der spezifische Primärenergiebedarf berücksichtigt zusätzlich die Verluste, die durch vorgelagerte Prozesse wie z. B. Energieerzeugung bzw. -umwandlung entstehen. Dieser Kennwert liegt bei 195,23 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Bei den oben angegebenen Werten, spezifischer Heizwärmebedarf, Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf, handelt es sich um Rechenwerte basierend auf der Grundlage der EnEV 2014. Diese Werte sind im Folgenden als „Bedarf“ ausgewiesen.

### 5.1 Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV



	Referenzgebäude *	Ihr Gebäude vor Sanierung	Abweichung vom Referenzgebäude
Primärenergiebedarf $Q_P$	71,84 kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,23 kWh/(m <sup>2</sup> a)	272 %
Transmissionswärmeverlust $H'_T$	0,36 W/(m <sup>2</sup> K)	0,79 W/(m <sup>2</sup> K)	217 %

Tabelle 6 Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV

\* das Referenzgebäude beschreibt den Neubaustandard nach EnEV

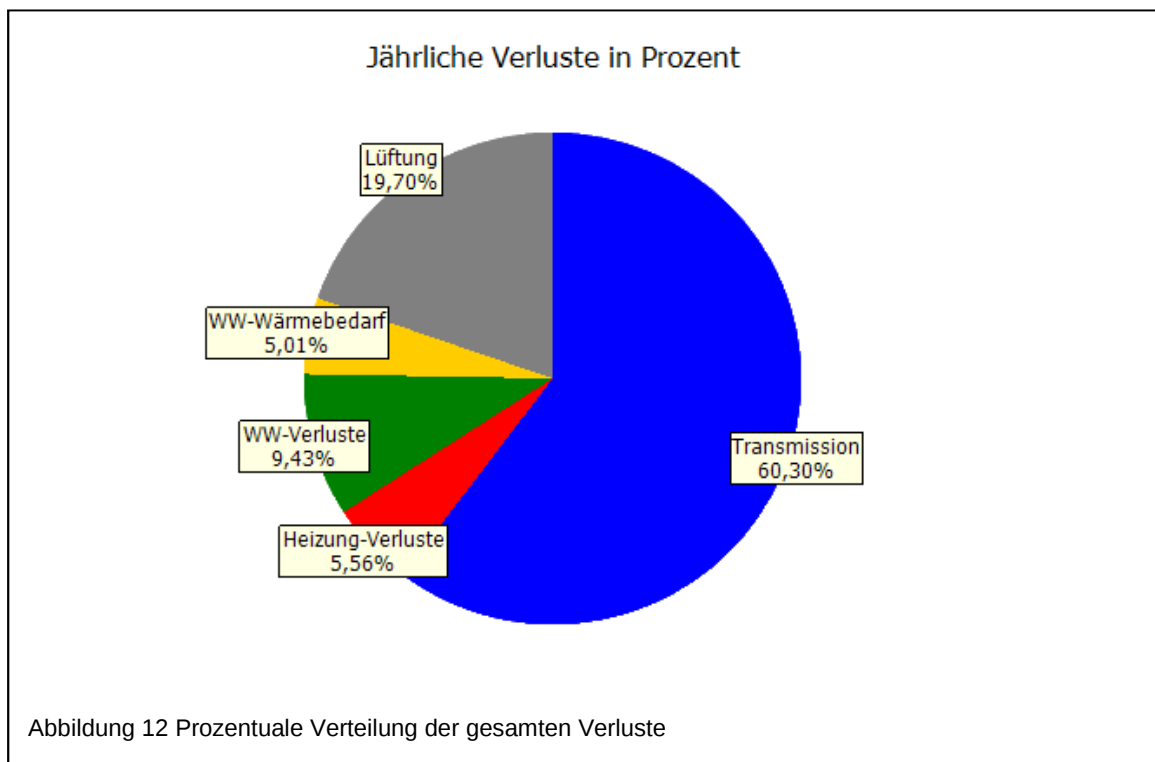
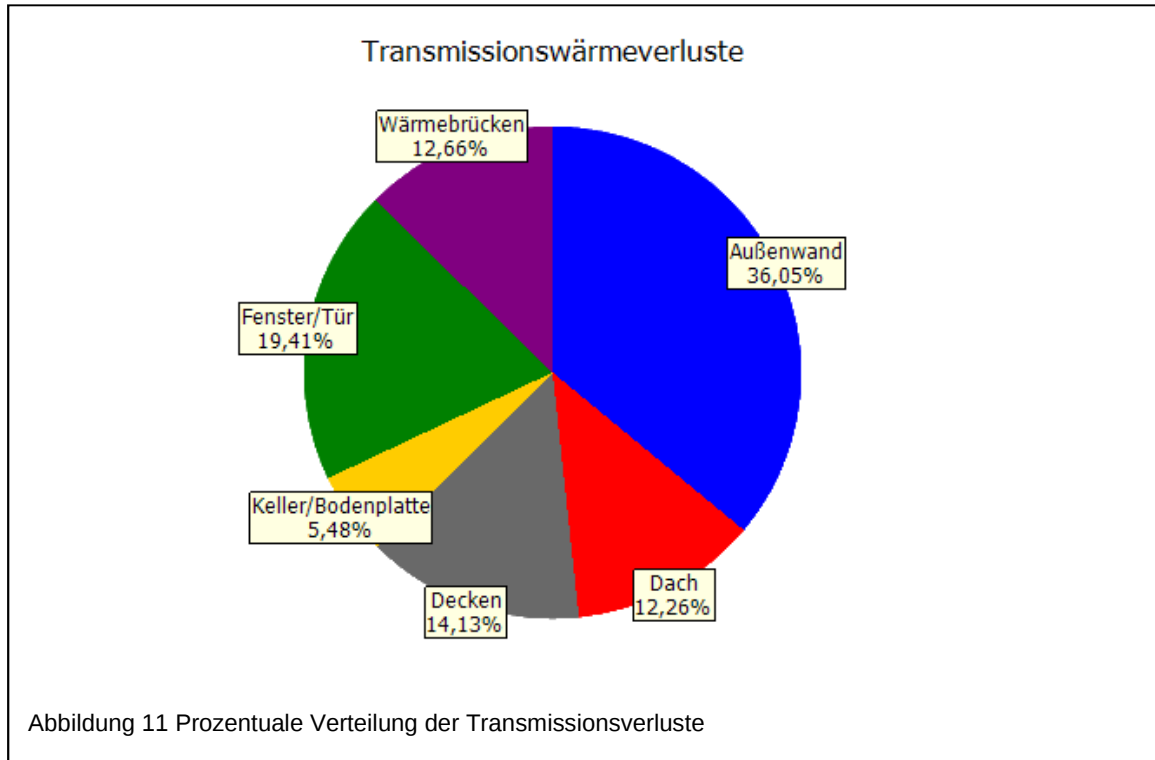
## 5.2 Energiebedarf

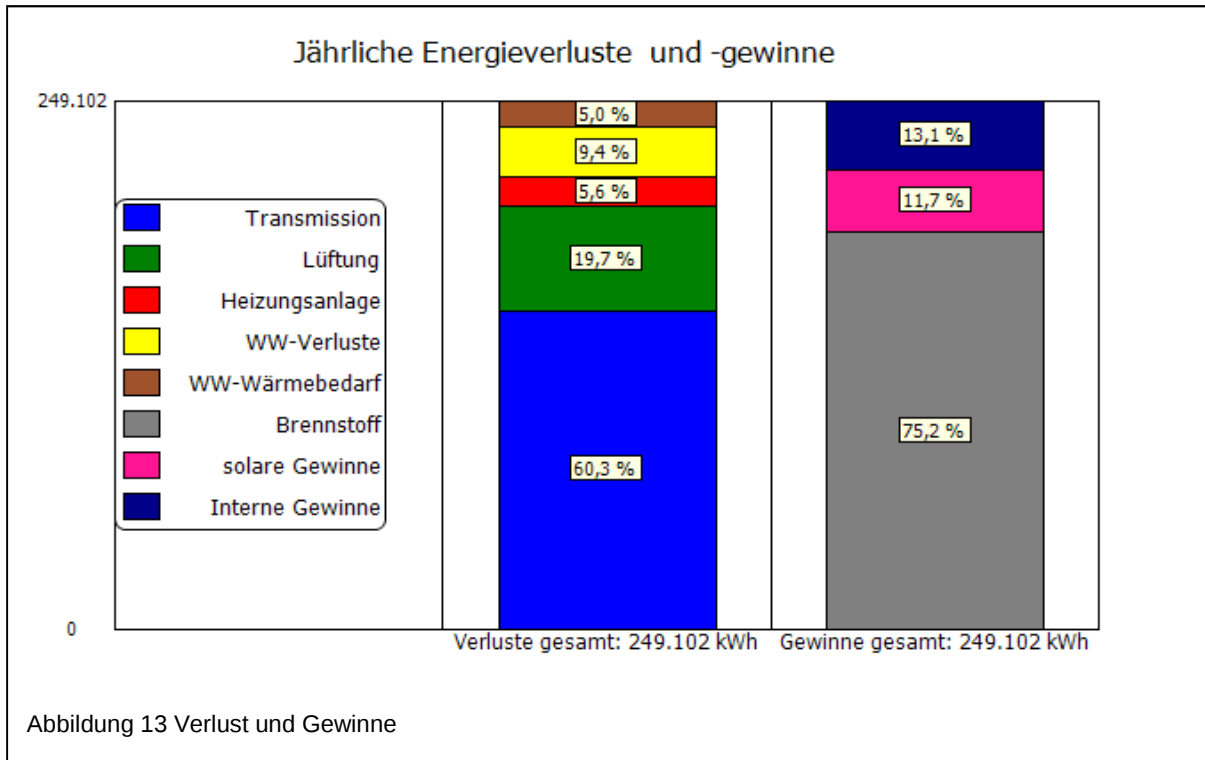
Im Folgenden werden alle Energieverluste und Gewinne des Gebäudes dargestellt.

Transmissionsverluste	150.203,79 kWh/a
Lüftungsverluste	49.074,77 kWh/a
Heizungsverluste	13.843,55 kWh/a
Warmwasser Nutzwärmebedarf	12.492,50 kWh/a
Warmwassererwärmung Verluste	23.487,10 kWh/a
<b>Summe Verluste</b>	<b>249.101,71 kWh/a</b>
solare Gewinne	29.188,04 kWh/a
interne Gewinne	32.669,49 kWh/a
Nachtabsenkung	12.533,44 kWh/a
zugeführte Heizenergie	138.731,14 kWh/a
zugeführte Energie Warmwassererwärmung	35.979,60 kWh/a
<b>Summe Gewinne</b>	<b>249.101,71 kWh/a</b>

Tabelle 7 Energiebilanz des Gebäudes

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





### 5.3 Vergleich des tatsächlichen Energieverbrauchs mit dem rechnerisch ermittelten Energiebedarf

Energieverbrauchswerte können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Energieträger	Zeitraum		Energie- verbrauch  kWh	Anteil Warmw.  kWh	Klima- faktor  [-]	Energiekosten  EUR
	von	bis				
Erdgas	Jan 11	Dez 11	157.686	33811	1,06	12.649,51
Erdgas	Jan 12	Dez 12	169.859	33811	0,97	13.599,00
Erdgas	Jan 13	Dez 13	188.436	33811	0,94	15.048,01

Tabelle 8 Energieverbrauchswerte

Der vorhandene gemittelte Energieverbrauch für ein Jahr beträgt 180.591,6 kWh/a für die Raumheizung mit Warmwasserbereitung.

Der theoretisch ermittelte Energiebedarf beträgt 174.710,74 kWh/a für die Raumheizung mit Warmwasserbereitung.



## 6 Modernisierungsvarianten

### 6.1 Übersicht Energie- und Kosteneinsparung

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

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

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 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.

Sind die marktüblichen Zinsen – wie derzeit der Fall – geringer als die Energiepreissteigerung, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme weiter.

Bei der Betrachtung der Amortisationszeiten für die Fenster ist zu bedenken, dass als Grundlage des Ist-Zustandes der Berechnung des Mustersanierungskonzeptes Fenster aus den Jahren 1995 - 2002 angesetzt wurden. Wenn die vorhandenen Fenster älter sind, verbessert sich hierdurch die Amortisation.

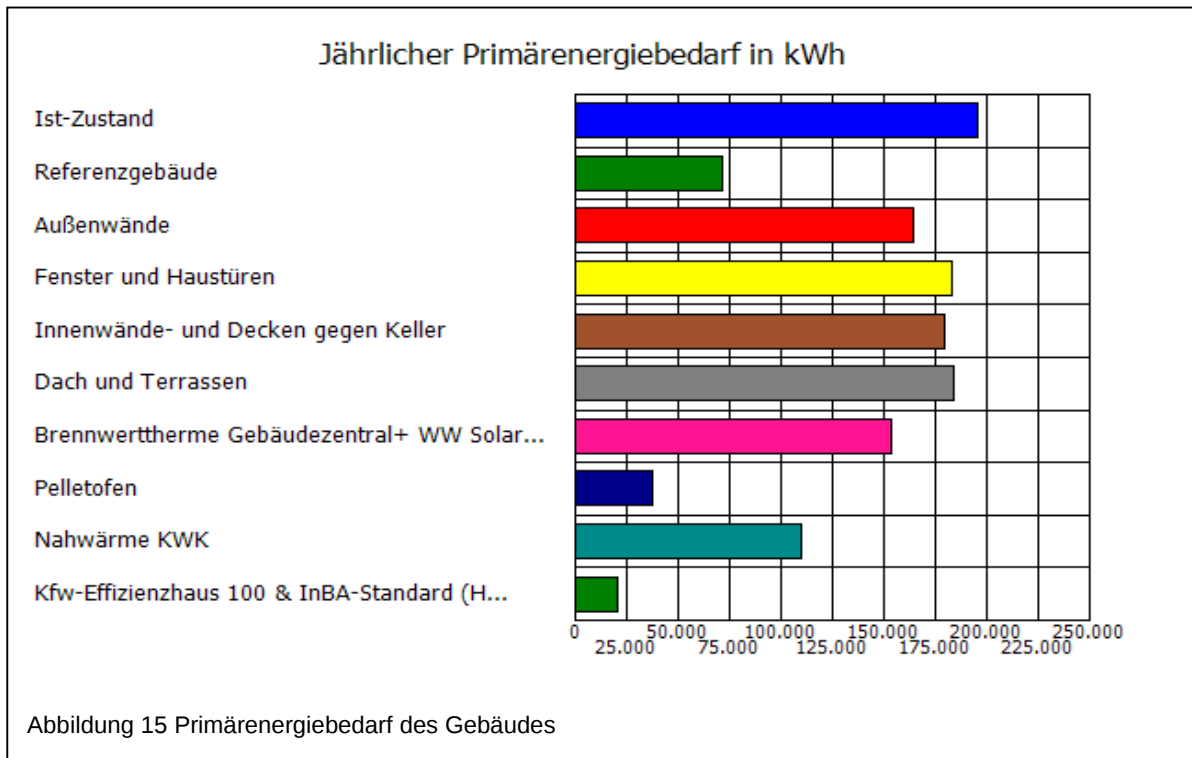
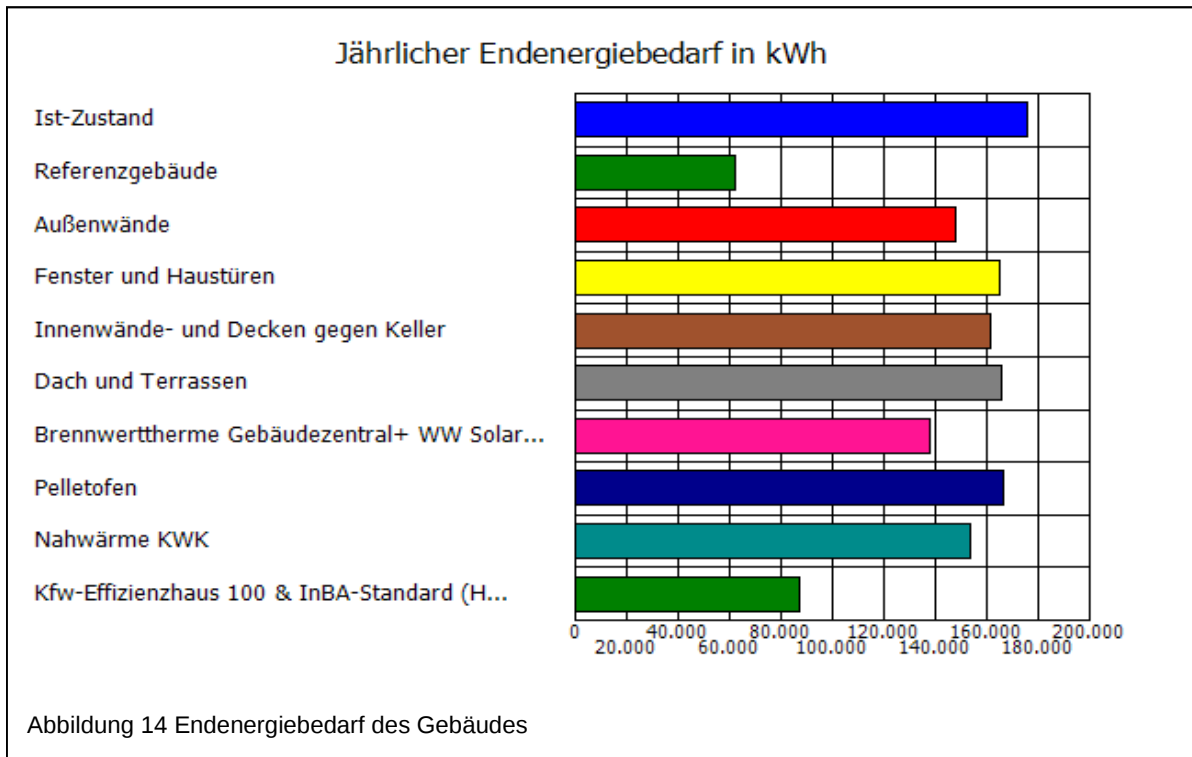
Da die Häuser im Bereich Außenwand und Dach bereits mit einer dünnen Dämmung versehen sind, sind hier die Amortisationszeiten ebenfalls eher hoch.

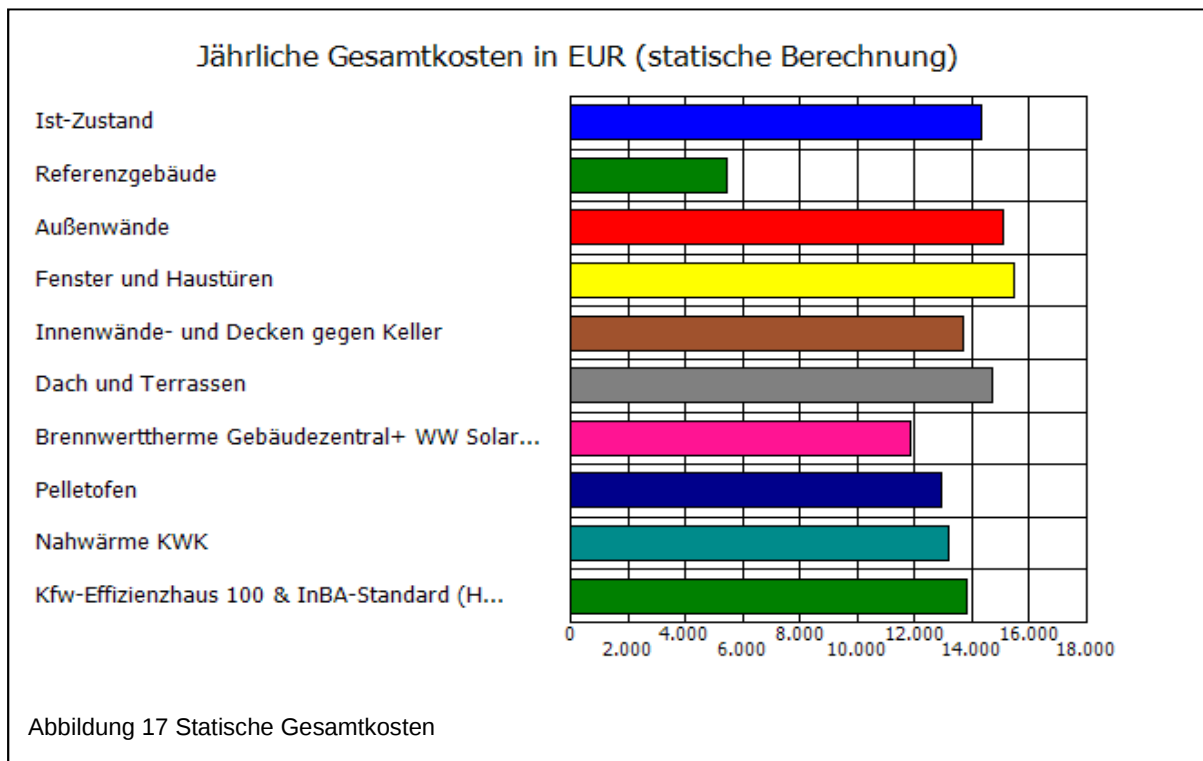
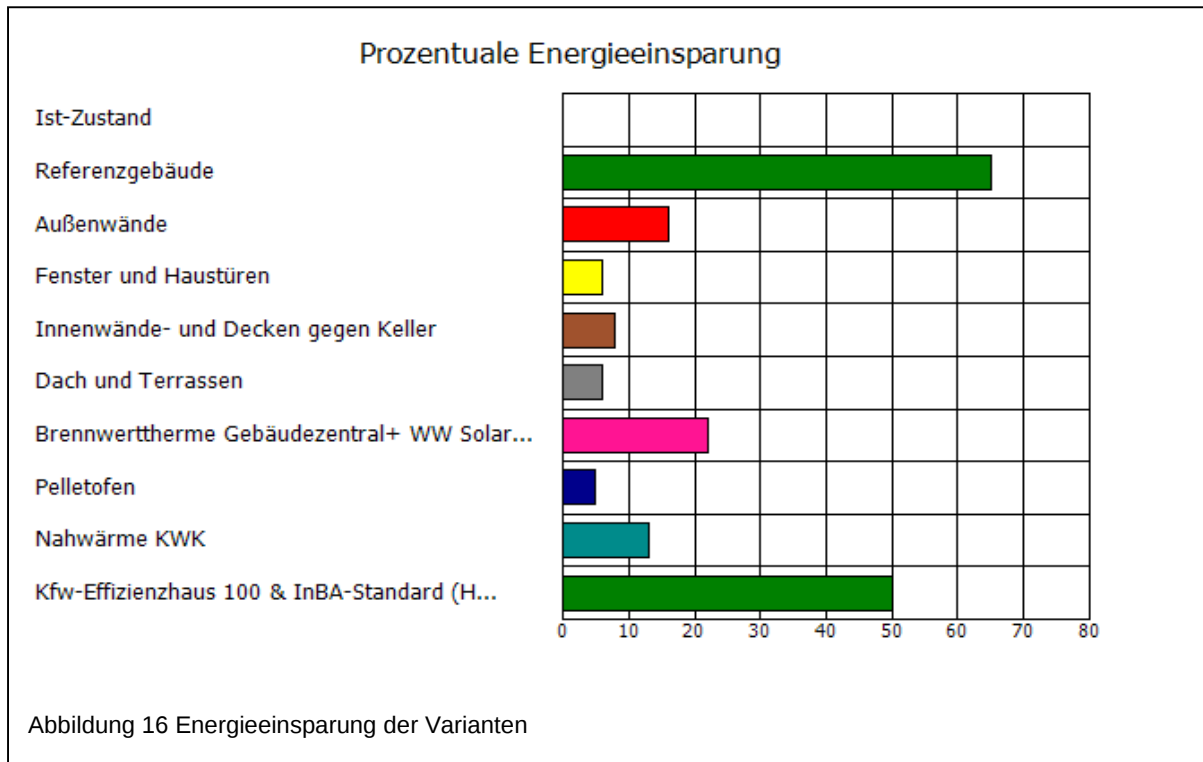
Bei der Kostenaufstellung ist zu beachten, dass die aufgeführten Kosten die reinen Kosten für die energetischen Maßnahmen darstellen. Ohnehin erforderliche Instandhaltungskosten (z. B. für die Dachdichtung) sowie Kosten für Erdarbeiten, Gerüste etc. wurden nicht berücksichtigt.

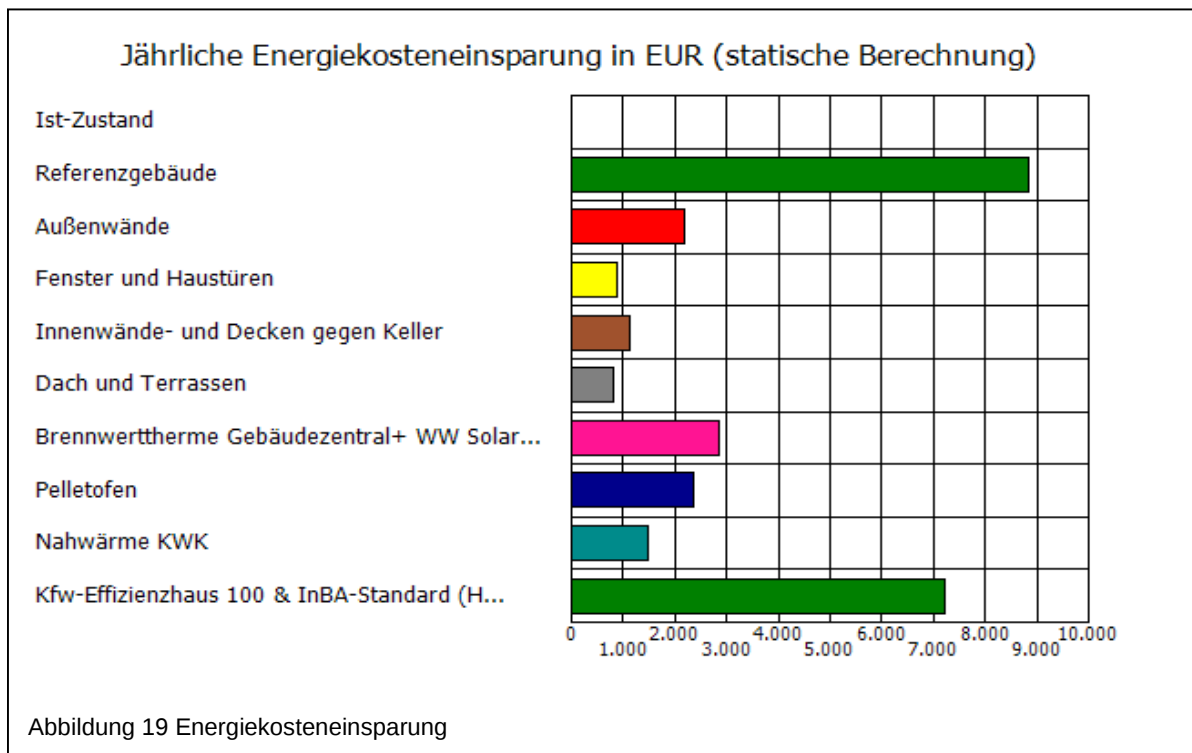
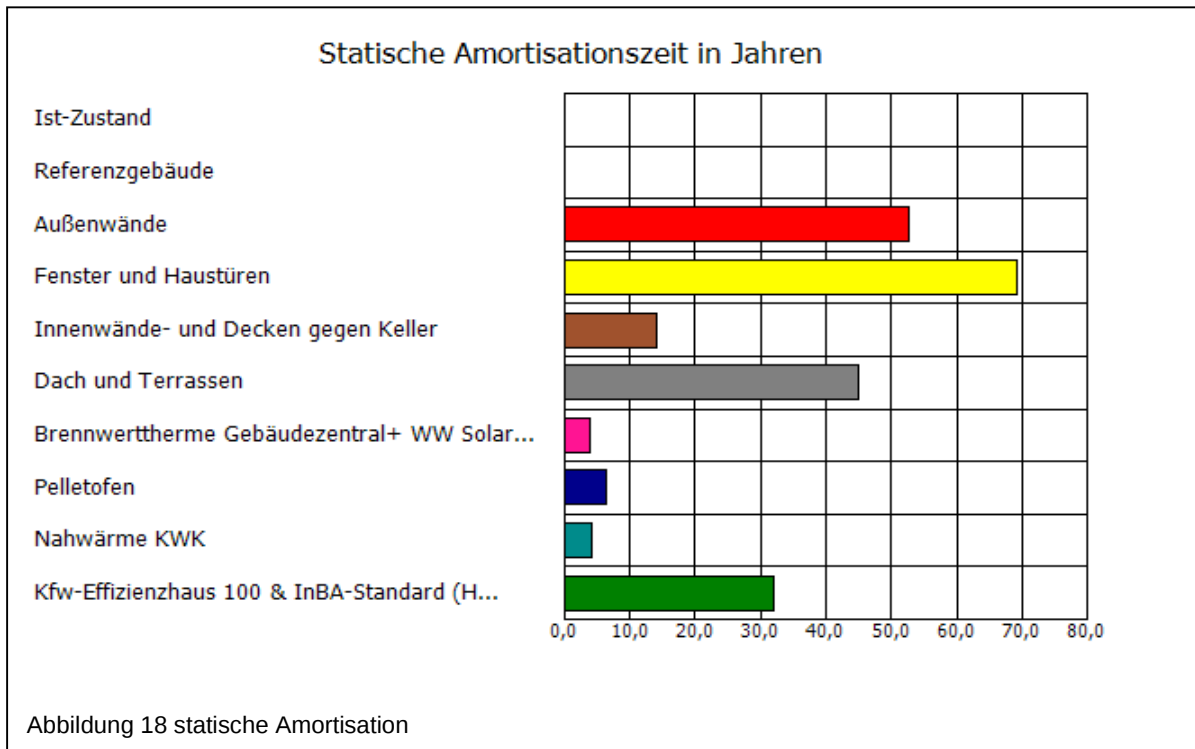
Variante	jährliche Energie- kosten  €/a	Investitions- kosten*  €	jährlicher End- energie- bedarf  kWh/a	jährliche Energie- ein- sparung  %	jährliche Energie- kostenein- sparung  €	Amorti- sation  a
Ist-Zustand	14.319,00	0,00	175.930,00	0,00	0,00	0,00
Referenzgebäude	5.476,00	0,00	62.424,00	65,00	8.843,00	0,00
Außenwände	12.140,00	114.530,00	147.996,00	16,00	2.179,00	52,60
Fenster und Haustüren	13.451,00	60.171,00	164.802,00	6,00	868,00	69,30
Innenwände- und Decken gegen Keller	13.191,00	15.770,00	161.464,00	8,00	1.128,00	14,00
Dach und Terrassen	13.519,00	36.046,00	165.681,00	6,00	799,00	45,10
Brennwerttherme Gebäudezentral+ WW Solar	11.469,00	11.000,00	137.691,00	22,00	2.849,00	3,90
Pelletofen	11.955,00	15.000,00	166.402,00	5,00	2.364,00	6,30
Nahwärme KWK	12.856,00	5.950,00	153.420,00	13,00	1.463,00	4,10
KfW-Effizienzhaus 100 & InBA-Standard (Holzpellet+SolarWW)	7.101,00	231.549,00	87.136,00	50,00	7.218,00	32,10

Tabelle 9 Variantenübersicht auf die Bedarfswerte bezogen

## 6.2 Grafiken Energie- und Kosteneinsparung







### 6.3 Kostengrundlage

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden folgende Kosten angesetzt:

Energiepreisteuerung	6,00 %
Zinssatz	1,00 %
Betrachtungszeitraum	15,00 a

Tabelle 10 Energiepreisteuerung 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	0,070
Heizöl	0,00	0,080
Steinkohle	0,00	0,050
Braunkohle	0,00	0,050
Tagstrom	77,40	0,280
Nachtstrom	77,40	0,190
Fern/Nahw. KWK fossil	1.564,00	0,072
Fern/Nahw. KWK ern.	0,00	0,090
Fern/Nahw. HW fossil	0,00	0,090
Fern/Nahw. HW ern.	0,00	0,090
Holz	0,00	0,050
Holz-Pellets	1.540,00	0,060
Sonstiges	0,00	0,000

Tabelle 11 Kosten in EUR

### 6.4 KfW Förderungsübersicht

	EnEV*	KfW 115	KfW 100	KfW 85	KfW 70	KfW 55
Q <sub>P</sub> zul.	71,84	71,84 * 1,15 = 82,620	71,84 * 1,00 = 71,840	71,84 * 0,85 = 61,060	71,84 * 0,70 = 50,290	71,84 * 0,55 = 39,510
H <sub>T</sub> ' zul.	0,364	0,364 * 1,30 = 0,473	0,364 * 1,15 = 0,419	0,364 * 1,00 = 0,364	0,364 * 0,85 = 0,309	0,364 * 0,70 = 0,255

Tabelle 12 Anforderungswerte für die KfW-Effizienzhäuser

\* EnEV 2014 , Anlage 1, Tabelle 1

Variante	Q <sub>p</sub> * vorh.	H <sub>T</sub> * vorh.	KfW-Effizienzhaus Klasse
Ist-Zustand	195,230	0,790	KfW-Einzelmaßnahmen
Referenzgebäude	71,840	0,364	KfW-Effizienzhaus 100
Außenwände	164,480	0,617	KfW-Einzelmaßnahmen
Fenster und Haustüren	182,980	0,722	KfW-Einzelmaßnahmen
Innenwände- und Decken gegen Keller	179,300	0,701	KfW-Einzelmaßnahmen
Dach und Terrassen	183,940	0,727	KfW-Einzelmaßnahmen
Gas-Brennwerttherme gebäudezentral + WW Solar	154,000	0,790	KfW-Einzelmaßnahmen
Pelletkessel	37,610	0,790	keine KfW-Förderung, Bafa-Förderung
Nahwärme KWK	109,460	0,790	KfW-Einzelmaßnahmen
KfW-Effizienzhaus 100 & InBA-Standard (Holzpellet+SolarWW)	20,770	0,397	KfW-Effizienzhaus 100

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 Tilgungszuschuss (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 zwei Wohneinheiten beantragt werden oder für eine **Wohnungseigentümergeinschaft** die aus Privatpersonen besteht.

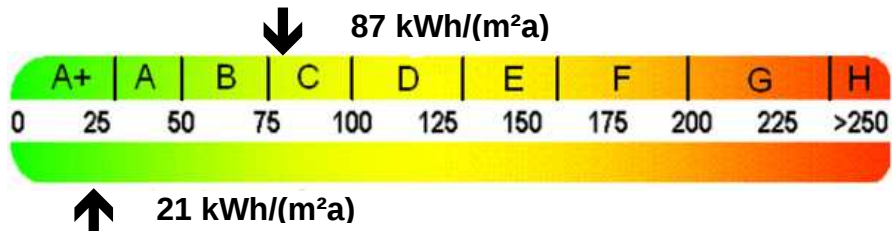
Höchstfördersumme Einzelmaßnahmen: 50.000 € / Wohneinheit

Höchstfördersumme KfW-Effizienzhaus: 75.000 € / Wohneinheit



## 6.5 Komplettsanierung des Gebäudes zum Effizienzhaus

### Endenergiebedarf



### Primärenergiebedarf

Bei der energetischen Sanierung in einem Zuge wird folgender KfW-Effizienzhaus-Standard erreicht:

KfW-Effizienzhaus 100

	Referenz- gebäude	Ihr Gebäude nach Sanierung	Verhältnis zum Referenz- gebäude <sup>1</sup>	Anford- erung an KfW-Haus <sup>2</sup>
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m²a)	71,840	20,770	29 %	100 %
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m²K)	0,364	0,397	109 %	115 %

Tabelle 16 Einstufung der Variante

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

Solaranlage	Biomasse	Wärmepumpe	KfW -Zuschuss	Sonstiges
1.250,00 €	3.728,00 €	0,00 €	28.943,62 €	0,00 €

Tabelle 17 Förderübersicht (Stand Juni 2015)

Die Maßnahmen, die zu dem o. a. Effizienzhaus führen, sind in dem Kapitel 7.9 aufgelistet.

Bei einer Komplettsanierung in einem Zug kann mit den von der KfW geforderten Mindestdämmstärken ein KfW-Effizienzhaus 100 erreicht werden. Mit dieser Sanierung würde auch der InBA-Standard erfüllt werden. Zum Erreichen des Primärenergiebedarfes ist die Nutzung von regenerativen Energieträgern erforderlich.

## 6.6 Empfohlene Maßnahmen- Sanierungsfahrplan

Im Rahmen einer Gebäudesanierung sind die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestdämmstoffdicken für das jeweilige Bauteil gemäß aktueller EnEV einzubauen. Da bei den noch unsanierten Terrassenhäusern ein Instandhaltungsstau vorhanden ist, und nur nach und nach kleine Teilbereiche der Gebäudehülle saniert wurden, sind Sanierungsmaßnahmen in den nächsten Jahren erforderlich. Hierbei müssen im Rahmen der erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen die gesetzlich vorgeschriebenen Dämmstoffdicken eingehalten werden. Um die Förderungen der KfW in Anspruch nehmen zu können und zur Wertsteigerung des Gebäudes, sollten bei der Sanierung der Gebäudeteile die Mindestanforderungen der KfW eingehalten werden.

Bei den Gebäuden, an denen es Schäden an Dachabdichtungen der Dächer und Terrassen gibt, müssen diese im Zusammenhang mit einer erneuerten Dachentwässerung zeitnah saniert werden. Hierbei muss auf eine Reduzierung der Wärmebrücken der Betonattika sowie der Betonbrüstungen geachtet werden. Da die Terrassenbeläge in direktem Zusammenhang mit den bodentiefen Terrassenfenstern stehen, sollten die Fensterelemente im Rahmen der Sanierung der Dachterrassen ausgetauscht werden.

Ebenfalls Instandsetzungsbedarf haben die noch aus der Bauzeit vorhandenen verputzten Dämmfassaden der Gebäude. Im Rahmen der Erneuerung der Fassadendämmung sollten noch nicht ausgetauschte Fenster sowie die alten Haustüren gegen Elemente mit U-Werten gemäß KfW Förderrichtlinien ausgetauscht werden. Nach Dämmung der Fassadenfläche ist dieses nur mit großem Aufwand unter teilweiser Zerstörung der bereits gedämmten Fensterlaibungen und Fensterstürze möglich.

Aufgrund des nicht erforderlichen Witterungsschutzes ist die Dämmung im Innenbereich wesentlich kostengünstiger auszuführen als eine Außendämmung. Die Dämmung der Wände- und Decken gegen unbeheizte Räume (eingeschobene Abstell- und Kellerräume) amortisiert sich am schnellsten. Die Amortisationszeit beträgt hier ca. 14 Jahre.

Ebenfalls kurze Amortisationszeiten hat der Einbau einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung, da bei den Gebäuden bereits eine zentrale Warmwasserversorgung vorhanden ist. Die unverschatteten Flachdächer sind zur Nutzung einer Solaranlage sehr gut geeignet.

Obligatorisch sollte die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs für alle Heizungsanlagen sein.

## 7 Maßnahmenbeschreibung

### 7.1 Variante: Referenzgebäude

#### 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.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 100
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,270	71,860	71,860
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m <sup>2</sup> K)	0,790	0,364	0,419

Tabelle 18 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Referenzgebäude

#### 7.1.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

##### Energie

Energiebedarf:	62.445,620 kWh/a
Energieeinsparung:	113.504,380 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	64,51 %
Energiekosten:	5.477,36 €/a
Energiekosteneinsparung:	8.674,43 €/a

## 7.2 Variante: Außenwände

Maßnahmen dieser Variante:

- Wand verputzt: aufbringen WDVS (Wärmedämmverbundsystem), Dämmung 16 cm, Wärmeleitgruppe (WLG) 035, neuer U-Wert 0,181 W/(m<sup>2</sup>K)
- Wand hinterlüftete Fassade OG: Dämmung 18 cm Mineralwolle (MiWo), Unterkonstruktion incl. Verkleidung nach Wahl, neuer U-Wert: 0,196 W/(m<sup>2</sup>K)
- Decke ü. Garage: Dämmung 14 cm MiWo 032 Dämmung unterseitig + Bekleidung, neuer U-Wert: 0,182 W/(m<sup>2</sup>K)

Für die Sanierung der Außenwände mit Verblendstein wird das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems auf die Außenwände mit 16 cm Dämmung mit einer WLG von 035 vorgeschlagen, neuer U-Wert: 0,181 W/(m<sup>2</sup>K). Hierfür muss die vorhandene 3 cm starke Dämmung incl. Oberputz entfernt werden. Die Wand ist komplett von Kleberrückständen etc. zu reinigen. Das aufzubringende Wärmedämmverbundsystem muss min. 50 cm in das Erdreich einbinden. Im Bereich des Erdreiches bis 30 cm über Gelände ist eine Perimeterdämmung EPS (Expandierter Polystyrol Hartschaum) oder XPS (Extrudierter Polystyrol Hartschaum) zu verwenden. Im Rahmen des Einbringens der Perimeterdämmung sollte die vorhandene Sockelabdichtung überprüft und gegebenenfalls nachgearbeitet werden. Die Dämmung muss bis zur Oberkante Attika hochgezogen werden und ohne Unterbrechung an die Dachdämmung anschließen. Auf den Einbau von Brandriegeln ist entsprechend den aktuellen gesetzlichen Anforderungen zu achten.

Bei den Außenwänden mit Vorhangfassade des Obergeschosses sollte die alte Verkleidung entfernt und entsorgt werden (Achtung eventuell asbestbelastet). Es wird empfohlen, eine Mineralwollendämmung WLG 035 d=18 cm einzubringen, neuer U-Wert 0,198 W/m<sup>2</sup>K. Die Dämmung sollte hier ebenfalls bis zur Attika hochgezogen werden. Der Sockelbereich ist hier wie auf den anderen Seiten mit WDVS zu behandeln. Auf der Außenwand ist eine Unterkonstruktion zur Befestigung der vorgehängten Fassadenplatten aufzubringen. Vor der Dämmebene wird eine winddichte Folie aufgebracht, aus optischen Gründen sollte diese schwarz und UV-beständig sein. Hierauf wird dann die hinterlüftete Fassade wieder aufgebaut. Die Verkleidung ist frei wählbar.

Die Außenwand zur Garagen ist wie eine Außenwand gegen Außenluft zu behandeln. Dämmstoffdicke und Wärmeleitgruppe entsprechen den sonstigen Putzaußenwänden. Die eingebrachten Materialien müssen hier nicht brennbar sein. Als Dämmung ist daher in diesem Bereich eine Mineralwollgedämmung einzubringen.

Zusammen mit den Außenwänden sollten auch die Deckenunterseiten gegen Außenluft über der Garage und über den Hauseingängen gedämmt werden. Hier sollte eine Mineralwollgedämmung WLG 032 von mind. 14 cm eingebaut werden.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,230	164,480	82,620
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m <sup>2</sup> K)	0,790	0,617	0,473

Tabelle 19 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Außenwände

## 7.2.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten:	114.529,65 €
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00 €
Verbleibende Kosten:	114.529,65 €

### Energie

Energiebedarf:	147.995,730 kWh/a
Energieeinsparung:	27.934,270 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	15,88 %
Energiekosten:	12.139,96 €/a
Energiekosteneinsparung:	2.178,87 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	39,20 a
Stat. Amortisation	52,60 a
Dyn. Amortisation	26,70 a

## 7.3 Variante: Fenster und Haustüren

Maßnahmen dieser Variante:

- Austausch der vorhandenen Fenster gegen Fenster mit 3-fach Verglasung, warme Kante, neuer U-Wert: 0,95 W/(m<sup>2</sup>K)
- Austausch der Haustür, neuer U-Wert: 1,30 W/(m<sup>2</sup>K)

Ein Großteil der Fenster wurde bei den Terrassenhäusern in den 1980er bis 1990er Jahren erneuert. Die Fenster entsprechen nicht mehr den heutigen Standards. Ebenfalls sind noch einzelne Fenster aus der Bauzeit in dem Gebäudetyp vorhanden. Die Fenster sollten gegen Fenster mit Dreifachverglasung und warmer Kante mit einem gesamten U-Wert des Fensters von  $U_w=0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$  ausgetauscht werden. Die Paneele zwischen den Fenstern im Bereich der Terrassen müssen dem U-Wert des Fensters entsprechen. Die Fensterrahmen sollten min. 4 cm überdämmt sein. Bei gleichzeitigem Einbau eines Wärmedämmverbundsystems sollten die Fenster zur Verbesserung der Wärmebrücken in der Einbauebene der Fenster weiter nach außen versetzt werden. Dieses verhindert auch den sogenannten „Schießscharteneffekt“ der Fensterlaibungen von außen. Die alten Haustüren sollten gegen Haustüren mit min.  $U_d= 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  ausgetauscht werden.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,230	182,980	82,620
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m <sup>2</sup> K)	0,790	0,722	0,473

Tabelle 20 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Fenster und Haustür

## 7.3.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten:	60.171,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00 €
Verbleibende Kosten:	60.171,00 €

### Energie

Energiebedarf:	164.801,900 kWh/a
Energieeinsparung:	11.128,110 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	6,33 %
Energiekosten:	13.450,84 €/a
Energiekosteneinsparung:	867,99 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	29,90 a
Stat. Amortisation	69,30 a
Dyn. Amortisation	31,00 a



## 7.4 Variante: Innenwände- und Decken gegen Keller

Maßnahmen dieser Variante:

- Innenwände gegen Keller dämmen WLG 032, d=14 cm, neuer U-Wert: 0,239 W/(m<sup>2</sup>K)
- Deckenfläche gegen unbeheizte Räume- unterhalb mit MiWo 16 cm dämmen, neuer U-Wert: 0,180 W/(m<sup>2</sup>K)

Alle Wände zwischen beheizten und unbeheizten Räumen sollten gedämmt werden. Der Dämmwert dieser Bauteile ist besonders gering.

Auf die Wände zu Kellerräumen sollte auf der Kellerseite eine Mineralwollendämmung von mind. 14 cm zwischen einer Unterkonstruktion aufgebracht werden. Die Dämmung sollte auf der Kellerseite mit Gipskartonplatten verkleidet werden. Der neue U-Wert der Wand beträgt dann 0,239 W/(m<sup>2</sup>K).

Die Deckenunterseite der Kellerräume zu den darüber liegenden Wohnungen sollte ebenfalls gedämmt werden. Hier kann eine Mineralwollendämmung von 16 cm WLG 032 unterseitig angebracht werden. Die Unterseite der Dämmung kann verputzt oder anderweitig verkleidet werden. Es könnten auch Dämmplatten mit bereits vorgefertigter unterseitiger Verkleidung verwendet werden.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,230	179,300	82,620
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m <sup>2</sup> K)	0,790	0,701	0,473

Tabelle 21 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Innenwände- und Decken gegen Keller

## 7.4.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten:	15.770,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00 €
Verbleibende Kosten:	15.770,00 €

### Energie

Energiebedarf:	161.464,230 kWh/a
Energieeinsparung:	14.465,770 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	8,22 %
Energiekosten:	13.190,50 €/a
Energiekosteneinsparung:	1.128,33 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	30,00 a
Stat. Amortisation	14,00 a
Dyn. Amortisation	11,00 a

## 7.5 Variante: Dach und Terrassen

Maßnahmen dieser Variante:

- Erneuerung der Flachdachdämmung als Gefälledämmung PUR/PIR WLG 030, neuer U-Wert: 0,129 W/(m<sup>2</sup>K)
- Einbringen / Erneuern der Dämmung der Terrassen über den Wohnräumen mit einer Phenolharzdämmung WLG 024 d=18 cm, neuer U-Wert 0,126 w/m<sup>2</sup>K
- Austausch der Lichtkuppel, neuer U-Wert: 1,9 W/(m<sup>2</sup>K)

Für die Sanierung der Dächer wird das Aufbringen einer neuen Gefälledämmung mit einer mittleren Dicke von 22 cm mit einer PUR/PIR Dämmung WLG 030 empfohlen. Wenn eine mittlere Dicke nicht zu ermitteln ist, muss für die KfW-Förderung diese Dämmstoffdicke an der dünnsten Stelle angesetzt werden. Hierfür muss die alte Dämmung und die alte Dachdichtung entfernt werden. Auf eine ausreichende Höhe der Attika ist zu achten.

Es ist zu überlegen im Rahmen der Dacherneuerung die Wasserführung über die jeweils darunter liegende Terrasse zu ändern und eine neue Dachentwässerung zu entwickeln. Das Dachgefälle könnte dahingehend verändert werden, dass die Entwässerung über neue Dachabläufe nach außen erfolgt.

Bei der Dämmung des Daches ist zu beachten, dass die Dämmung an der Attika hochzuführen ist und auch die Oberkante der Attika zur Vermeidung von Wärmebrücken gedämmt werden sollte.

Im Rahmen der Dachsanierung sollten die alten Dachoberlichter ausgetauscht werden.

Die Terrassen über den Wohnräumen müssen ebenfalls gedämmt werden. Wenn die Höhe zwischen Betonoberkante und Terrassentüren für den Einbau der Dämmung nicht ausreicht, muss die Wärmeleitgruppe der Dämmung entsprechend angepasst werden. Sinnvoll ist es, diese Maßnahme im Zusammenhang mit der Erneuerung der Terrassentüren auszuführen. Zur Vermeidung von Wärmebrücken müssen die einbindenden Stahlbetonbrüstungen der Terrassen ebenfalls gedämmt werden. Im Rahmen der Sanierung müssen die nicht ausreichenden Absturzhöhen der Geländer auf 90 cm erhöht werden.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,230	183,940	82,620
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m <sup>2</sup> K)	0,790	0,727	0,473

Tabelle 22 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Dach und Terrassen

### 7.5.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

#### Kosten

Investitionskosten:	70.988,40 €
Ohnehin anstehende Kosten:	34.942,80 €
Verbleibende Kosten:	36.045,60 €

#### Energie

Energiebedarf:	165.680,540 kWh/a
Energieeinsparung:	10.249,46 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	5,83 %
Energiekosten:	13.519,37 €/a
Energiekosteneinsparung:	799,46 €/a

#### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	30,00 a
Stat. Amortisation	45,10 a
Dyn. Amortisation	24,40 a

## 7.6 Variante: Nahwärme Kraftwärmekopplung (KWK)

Maßnahmen dieser Variante:

- Nahwärmenetz mit KWK (BHKW Gas-fossil), Hausstation, Hocheffizienzpumpen, Leitungsdämmung gem. EnEV, hydraulischer Abgleich

Im Zusammenhang mit dem Quartierskonzept Elmschenhagen-Süd wird an der Planung eines Nahwärmenetzes mit einer zentralen Versorgung für alle Terrassenhäuser gearbeitet. Als zentrale Heizanlage ist eine BHKW (Blockheizkraftwerk) mit Gas als Energieträger zur Erzeugung von Wärme und Strom in der Überlegung. Ob dieses Nahwärmenetz umgesetzt wird, ist jedoch von der weiteren Entwicklung des Projektes abhängig, unter anderem auch davon, wie viele Häuser Interesse an einem Anschluss an ein Nahwärmenetz haben. Für den Anschluss der Gebäude an das Nahwärmenetz ist zu prüfen, ob die vorhandenen Nahwärmenetze zwischen den Häusern genutzt werden können, bzw. inwiefern diese erneuert werden können und müssen.

Falls noch ungedämmte Leitungen vorhanden sind, müssen diese gedämmt werden. Es sollten alle warmen Leitungen innerhalb der beheizten Hülle sowie die Kaltwasserleitungen im warmen Bereich soweit wie möglich gedämmt werden.

Für die Heizungen ist eine hydraulischer Abgleich durchzuführen. Eventuell müssen hierfür nicht geeignete Heizkörperventile ausgetauscht werden.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,230	109,460	82,620
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m <sup>2</sup> K)	0,790	0,790	0,473

Tabelle 23 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Nahwärme KWK

## 7.6.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten:	5.950,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00 €
Verbleibende Kosten:	5.950,00 €

### Energie

Energiebedarf:	153.420,440 kWh/a
Energieeinsparung:	22.509,570 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	12,79 %
Energiekosten:	12.855,56 €/a
Energiekosteneinsparung:	1.463,27 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	18,00 a
Stat. Amortisation	4,10 a
Dyn. Amortisation	3,80 a

## 7.7 Variante: Gas-Brennwerttherme Gebäudezentral & solare Warmwasserbereitung

Maßnahmen dieser Variante:

- Einbau einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung in Verbindung mit einer Gas-Brennwerttherme, Leitungsdämmung gem. EnEV, hydraulischer Abgleich

Sollte kein Aufbau eines Nahwärmenetzes erfolgen, wird empfohlen eine Gas-Brennwerttherme einzubauen. Zusätzlich wird der Einbau einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung empfohlen. Die unverschatteten Flachdächer sind hierfür sehr gut geeignet. Es wird der Einbau eines Pufferspeichers kombiniert mit Flachkollektoren auf dem Flachdach vorgeschlagen.

Bezüglich der Installation einer Solarthermieanlage sei darauf hingewiesen, dass Schäden am Dach vor der Installation der Anlage behoben werden sollten, da es ansonsten bei Reparaturarbeiten aufgrund einer notwendigen Demontage der Anlage zu Mehrkosten führen kann.

Gemäß der geltenden EnEV (Energieeinsparverordnung) müssen alle Leitungen der Heizung sowie die Trinkwasserleitungen im unbeheizten Bereich gedämmt werden. Falls noch ungedämmte Leitungen vorhanden sind, müssen diese gedämmt werden. Es sollten alle warmen Leitungen innerhalb der beheizten Hülle sowie die Kaltwasserleitungen im warmen Bereich soweit wie möglich gedämmt werden.

Für die Heizungen ist eine hydraulischer Abgleich durchzuführen. Eventuell müssen hierfür nicht geeignete Heizkörperventile ausgetauscht werden.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,230	154,000	82,620
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m <sup>2</sup> K)	0,790	0,790	0,473

Tabelle 24 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Brennwerttherme Gebäudezentral + WW Solar

## 7.7.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten:	18.000,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	7.000,00 €
Verbleibende Kosten:	11.000,00 €

### Energie

Energiebedarf:	137.691,000 kWh/a
Energieeinsparung:	38.239,000 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	21,74 %
Energiekosten:	11.469,43 €/a
Energiekosteneinsparung:	2.849,40 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	30,00 a
Stat. Amortisation	3,90 a
Dyn. Amortisation	3,70 a



## 7.8 Variante: Pelletkessel

Maßnahmen dieser Variante:

- Pelletkessel Neueinbau, Pufferspeicher, Hocheffizienzpumpen, Leitungsdämmung gem. EnEV, hydraulischer Abgleich

Sollte kein Aufbau eines Nahwärmenetzes erfolgen, kann zur Nutzung regenerativer Energien der Einbau eines Pelletkessels erfolgen. Die Hausanschlussräume und Kellerräume bieten ausreichend Platz zum Einbau eines Holzpelletkessels incl. erforderlichen Pelletlager. Der Pelletkessel sollte in direkter räumlicher Nähe zum Pelletlager stehen, so dass der Kessel automatisch beschickt werden kann. Zusätzlich zum Einbau des Holzpelletkessels ist der Einbau eines Pufferspeichers erforderlich.

Falls noch ungedämmte Leitungen vorhanden sind, müssen diese gedämmt werden. Es sollten alle warmen Leitungen innerhalb der beheizten Hülle sowie die Kaltwasserleitungen im warmen Bereich soweit wie möglich gedämmt werden.

Für die Heizungen ist eine hydraulischer Abgleich durchzuführen. Eventuell müssen hierfür nicht geeignete Heizkörperventile ausgetauscht werden.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,230	37,610	82,620
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m <sup>2</sup> K)	0,790	0,790	0,473

Tabelle 25 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Pelletofen

## 7.8.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten:	22.000,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	7.000,00 €
Verbleibende Kosten:	15.000,00 €

### Energie

Energiebedarf:	166.401,560 kWh/a
Energieeinsparung:	9.528,440 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	5,42 %
Energiekosten:	11.955,04 €/a
Energiekosteneinsparung:	2.363,79 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	15,00 a
Stat. Amortisation	6,30 a
Dyn. Amortisation	5,70 a

## 7.9 Variante: KfW-Effizienzhaus 100 & InBA-Standard (Holzpellet & solare Warmwasserbereitung)

Maßnahmen dieser Variante:

- Außenwände  
verputzte Wände - Dämmen mit WDVS 035 16 cm, neuer U-Wert: 0,181 W/(m<sup>2</sup>K).
- Vorhangfassade auf Unterkonstruktion  
Mineralwolledämmung WLG 032 18 cm, neuer U-Wert: 0,198 W/(m<sup>2</sup>K).
- Wände zu Kellerräumen  
Mineralwolledämmung WLG 032, 14 cm zwischen Unterkonstruktion U-Wert der Wand 0,243 W/(m<sup>2</sup>K). Dämmen der Außenwände zur Garagen mit WDVS mit MiWo WLG 035 160 mm, neuer U-Wert: 0,181 W/(m<sup>2</sup>K).
- Fenster  
Austausch der Fenster, neue Fenster mit 3-fach Verglasung, U-Wert: 0,95 W/(m<sup>2</sup>K).
- Haustür  
Austausch der Haustür, neuer U-Wert: 1,30 W/(m<sup>2</sup>K).
- Flachdach  
Flachdachdämmung 22 cm als Gefälledämmung Polystyrol (PUR/PIR) WLG 030 neuer U-Wert: 0,129 W/(m<sup>2</sup>K). Einbringen/Erneuern der Dämmung der Terrassen über den Wohnräumen, Phenolharzdämmung WLG 024 d=18 cm, neuer U-Wert 0,126 W/(m<sup>2</sup>K). Austausch der Lichtkuppel, neuer U-Wert: 0,95 W/(m<sup>2</sup>K).
- Decken  
Deckenunterseiten gegen Außenluft über der Garage und über Hauseingängen Mineralwolledämmung WLG 035 d=16 cm. Dämmen der Decken über den Kellerräumen Mineralwolledämmung WLG 032 d=16 cm, U-Wert 0,18 W/(m<sup>2</sup>K).
- Heizung  
Holzpelletkessel, Pufferspeicher, thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung, Hausstation, Hydraulischer Abgleich, Leitungsdämmung gem. EnEV
- Lüftungsanlage  
zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) 80 %.

Ob dieser Standard auch mit einem Nahwärmenetz erreicht werden kann, ist von dem Primärenergiefaktor des Wärmenetzes abhängig.

Mit der Sanierung des Gebäudes kann ein KfW- Effizienzhaus 100 erreicht werden.

Um den Primärenergiebedarf entsprechend den Anforderungen des Effizienzhauses zu erreichen mussten als Energieträger rein regenerative Energien angesetzt werden. Es wurde daher für die Heizungsanlage ein hauszentraler Holzpelletkessel kombiniert mit einer thermischen Solaranlage für die Warmwasserbereitung gewählt. Für das Erreichen des KfW-Effizienzhausstandards müssen die vorher erläuterten Maßnahmen umgesetzt werden. Hierfür ist ein Luftdichtigkeitstest durchzuführen. Das Ergebnis des Luftdichtigkeitstestes muss mind. 1,5 1/h betragen.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 100
Primärenergiebedarf $Q_P$ in kWh/(m <sup>2</sup> a)	195,230	20,770	71,840
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m <sup>2</sup> K)	0,790	0,397	0,419

Tabelle 26 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste KfW-Effizienzhaus & InBA-Standard

## 7.9.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten:	273.991,81 €
Ohnehin anstehende Kosten:	42.442,80 €
Verbleibende Kosten:	231.549,01 €

### Energie

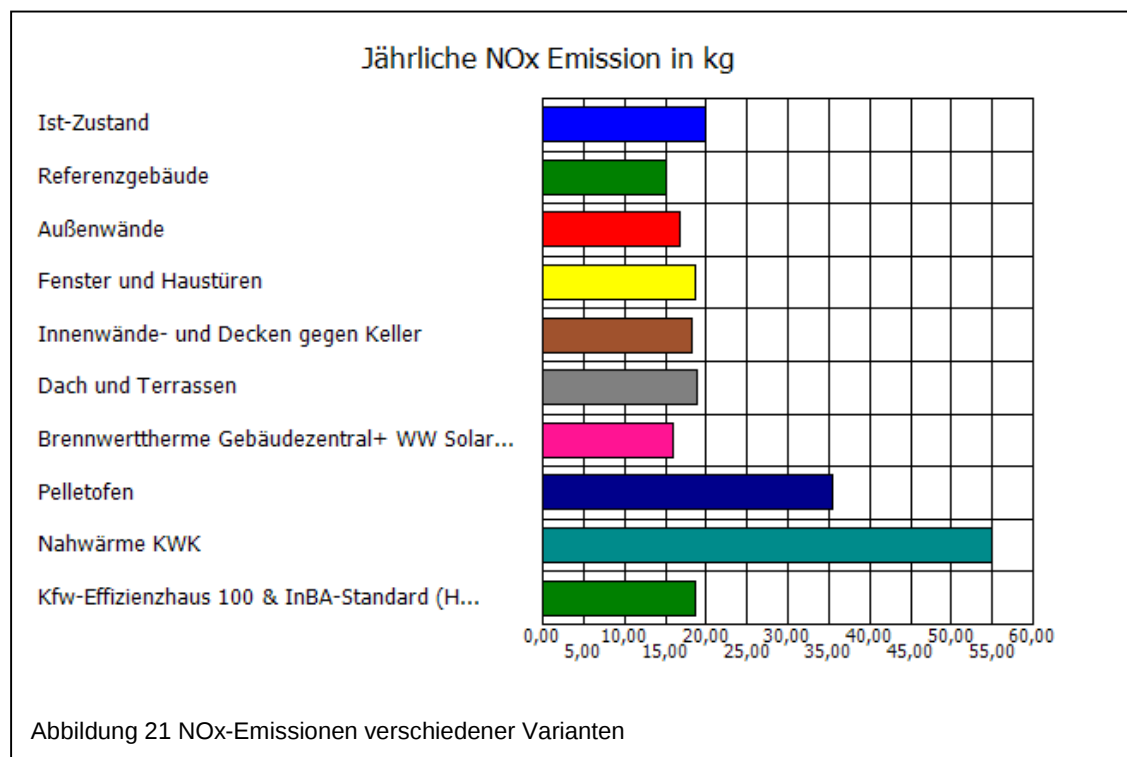
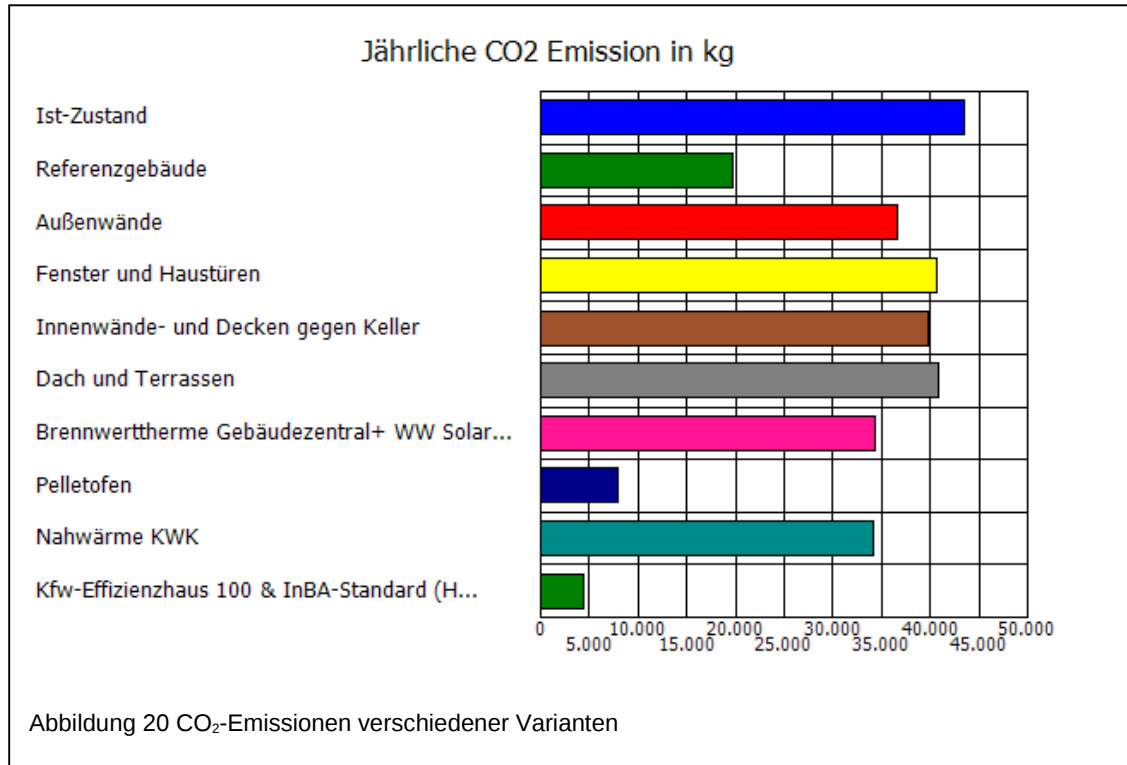
Energiebedarf:	87.135,970 kWh/a
Energieeinsparung:	88.794,040 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	50,47 %
Energiekosten:	7.100,87 €/a
Energiekosteneinsparung:	7.217,96 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	34,50 a
Stat. Amortisation	32,10 a
Dyn. Amortisation	19,80 a

## 8 Schadstoffbilanz

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



Die Kohlendioxid-Emissionen des Ist-Zustandes betragen ca. 43.401,20 kg/a. Die Kohlendioxid-Emissionen können durch die Modernisierung (Variante Effizienzhaus) auf 4.467,90 kg/a verringert werden.

## 9 Allgemeine Erläuterungen

### 9.1 Lüftungskonzept nach der DIN 1946-6

Ein Lüftungskonzept ist notwendig, wenn im Ein- und Mehrfamilienhaus mehr als 1/3 der vorhandenen Fenster ausgetauscht bzw. im Einfamilienhaus mehr als 1/3 der Dachfläche neu abgedichtet werden.

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 eine Anpassung des Nutzerverhaltens erforderlich. Es wird eine mehrmalige tägliche Stoßlüftung von 4-6 Minuten empfohlen, oder eine mechanische Belüftung des Gebäudes. Erfolgt kein Austausch der feuchten Raumluft, so kann es durch Kondensation der Feuchtigkeit an den Wänden zu Feuchtschäden bis hin zu Schimmelpilzbildung kommen.

### 9.2 Wärmebrücken

- Anbringung von Fensterdichtungen  
Gerade bei älteren Fenstern ergeben sich häufig Undichtigkeiten zwischen Fenster und Fensterrahmen, weil die Dichtungen entweder nicht ausreichend sind oder oft auch komplett fehlen. Einfache Dichtungsbänder aus dem Baumarkt können einfach und schnell in Eigenleistung angebracht werden und reduzieren Lüftungswärmeverluste.
- Abdichtung der Fenster  
Der Fensterrahmen "arbeitet" im Mauerwerk. Hierdurch entstehen kleine Fugen zwischen Mauerwerk und Rahmen. Außerdem werden die Rahmen häufig nicht fachgerecht eingesetzt und abgedichtet. Umso wichtiger ist es, die Rahmen gegen das Mauerwerk dauerelastisch abzuspritzen und so dauerhaft zu dichten.
- Dämmung der Rollladenkästen  
Rollladenkästen stellen Wärmebrücken dar und sollten daher gedämmt werden. Die Dämmung ist dabei auf der Innenseite der zum Raum hingewandten Flächen anzubringen. Ritzen und Spalten sollten dauerelastisch abgedichtet werden, um eine unkontrollierte Lüftung zu verhindern.
- Dämmung der Heizkörpernischen  
Dort, wo die Wand am wärmsten wird hinter den Heizkörpern ist die Wand meist durch Heizkörpernischen geschwächt. Die hierdurch zusätzlich erhöhten Wärmeverluste können durch eine Dämmung der Nischen reduziert werden. Wenn Heizkörper abgenommen werden müssen, sollten die Nischen auf jeden Fall gedämmt werden, falls keine Dämmung der Außenwand vorgenommen wird.



## 10 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 Wassererwärmung 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 27.

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 27 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.

## 11 Gesetzliche Anforderungen

### 11.1 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.

### 11.2 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 Baudenkmalern 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.

## 12 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.

### 12.1 Bundesamt für Ausfuhrkontrolle und Wirtschaft (BAFA)

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

#### 12.1.1 Solar

Bei Solarkollektoranlagen von 3 bis 10 m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche, die der ausschließlichen Warmwasserbereitung dienen (mit einem Pufferspeichervolumen von mindestens 200 Litern) beträgt der Zuschuss 500 €. Wenn die Bruttokollektorfläche 11 bis 40 m<sup>2</sup> beträgt, wird die Anlage mit 50 €/m<sup>2</sup> bezuschusst.

Bei Solarkollektoranlagen mit bis zu 14 m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche, die der kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung dienen (mit einem Pufferspeichervolumen von mind. 40 l/m<sup>2</sup> bzw. 50 l/m<sup>2</sup> Kollektorfläche) beträgt der Zuschuss 2.000 €. Wenn die Bruttokollektorfläche 15 bis 40 m<sup>2</sup> beträgt, wird die Anlage mit 140 €/m<sup>2</sup> bezuschusst.

Wenn auf einem Wohngebäude mit mindestens 3 Wohneinheiten oder einem Nichtwohngebäude mit mindestens 500 m<sup>2</sup> Nutzfläche eine Solarkollektoranlage mit 20 bis 100 m<sup>2</sup> installiert wird, wird die Anlage mit 100 €/m<sup>2</sup> (Warmwasser) bzw. 200 €/m<sup>2</sup> (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.

#### 12.1.2 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 Pelletkessel 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](http://www.bafa.de)

## 12.2 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 CO<sub>2</sub>-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).

## 12.3 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

## 13 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 mitgeführter 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  $12,5 \text{ kWh}/(m^2a)$  angesetzt. Dies entspricht einem Bedarf von  $23 \text{ l/Person/Tag}$ .

## U-Wert

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

## 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	16
Tabelle 2 Klimadaten	16
Tabelle 3 Übersicht der wärmeübertragenden Flächen	18 - 20
Tabelle 4 Angaben zur Verteilung	26
Tabelle 5 Angaben zur Verteilung	27
Tabelle 6 Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV	29
Tabelle 7 Energiebilanz des Gebäudes	29
Tabelle 8 Energieverbrauchswerte	32
Tabelle 9 Variantenübersicht auf die Bedarfswerte bezogen	34
Tabelle 10 Energiepreissteuerung und Zinssatz	38
Tabelle 11 Kosten in EUR	38
Tabelle 12 Anforderungswerte für die KfW-Effizienzhäuser	38
Tabelle 13 Förderübersicht der Varianten (Stand Juni 2015)	39
Tabelle 14 Tilgungszuschuss (Kreditvariante) (Stand Juni 2015)	39
Tabelle 15 Direkter Zuschuss (ohne Kredit) (Stand Juni 2015)	40
Tabelle 16 Einstufung der Variante	41
Tabelle 17 Förderübersicht (Stand Juni 2015)	42
Tabelle 18 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Referenzgebäude	44
Tabelle 19 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Außenwände	46
Tabelle 20 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Fenster und Haustür	47
Tabelle 21 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Innenwände- und Decken gegen Keller	49
Tabelle 22 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Dach und Terrassen	52
Tabelle 23 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Nahwärme KWK	53
Tabelle 24 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Brennwerttherme Gebäudezentral + WW Solar	55
Tabelle 25 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Pelletofen	57
Tabelle 26 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste KfW-Effizienzhaus & InBA-Standard	60
Tabelle 27 Mindestdämmstärken für Wärmeverteilungen	66

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Mehrfamilienhäuser, Terrassenhäuser	1
Abbildung 2 Übersicht des Sanierungszustandes im Quartier	7
Abbildung 3 Die Stufen des Energiebedarfs	10
Abbildung 4 Ermittlung des Energiebedarfs	11
Abbildung 5 Illerweg 24/28 (Ostseite) & Illerweg 32/38 (Nordseite)	13
Abbildung 6 Illerweg 32-38 (Ostseite)	13
Abbildung 7 Illerweg 32-38 (Südseite)	14
Abbildung 8 Gebäudeschnitt	14
Abbildung 9 Grundriss Untergeschoss	15
Abbildung 10 Wärmebrücken der Gebäude (Gebäudeschnitt)	24
Abbildung 11 prozentuale Verteilung der Transmissionsverluste	30
Abbildung 12 prozentuale Verteilung der gesamten Verluste	30
Abbildung 13 Verlust und Gewinne	31
Abbildung 14 Endenergiebedarf des Gebäudes	35
Abbildung 15 Primärenergiebedarf des Gebäudes	35
Abbildung 16 Energieeinsparung der Varianten	36
Abbildung 17 statische Gesamtkosten	36
Abbildung 18 statische Amortisation	37
Abbildung 19 Energiekosteneinsparung	37
Abbildung 20 CO <sub>2</sub> -Emissionen verschiedener Varianten	62
Abbildung 21 NO <sub>x</sub> -Emissionen verschiedener Varianten	62