

## Mustersanierungskonzept für Backsteingebäude in der Siedlung Elmschenhagen-Süd

Gebäudetyp: Reihenendhaus



Abbildung 1 Reihenendhaus

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	7
2.2	Heizungs- und Warmwasserversorgung	9
2.3	Die energetischen Standardmängel	9
<b>3</b>	<b>ALLGEMEINE HINWEISE</b>	<b>10</b>
3.1	Das Bilanzverfahren der Energieeinsparverordnung	11
3.2	Der Berechnungsweg	12
<b>4</b>	<b>IST- ANALYSE</b>	<b>13</b>
4.1	Objektbeschreibung	13
4.2	Allgemeine Daten	14
4.3	Klimadaten	14
4.4	Bestandsfotos	15
4.5	Bauteile des Gebäudes	16
4.6	Beschreibung der Heizungs- und Warmwasseranlage	21
<b>5</b>	<b>ENERGIEBILANZ DES BESTEHENDEN GEBÄUDES</b>	<b>24</b>
5.1	Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV	25
5.2	Energiebedarf	26
<b>6</b>	<b>MODERNISIERUNGSVARIANTEN</b>	<b>29</b>
6.1	Übersicht Energie- und Kosteneinsparung	29
6.2	Grafiken Energie- und Kosteneinsparung	31
6.3	Kostengrundlage	35
6.4	KfW Förderungsübersicht	36
6.5	Komplettsanierung des Gebäudes zum Effizienzhaus	39
6.6	Empfohlene Maßnahmen- Zusammenfassung der Ergebnisse	40
6.7	Umsetzbarkeit der Maßnahmen	42

<b>7</b>	<b>MAßNAHMENBESCHREIBUNG REIHENMITTELHAUS BACKSTEIN</b>	<b>43</b>
7.1	Variante 1 - Ist-Zustand	43
7.2	Variante 2 - Referenzgebäude EnEV 2014	44
7.3	Variante 3 - Kellerdecke	45
7.4	Variante 4 - Fenster	46
7.5	Variante 5 - Außenwände, Außendämmung	47
7.6	Variante 6 - Außenwände, Innendämmung	49
7.7	Variante 7 - Oberste Geschossdecke	51
7.8	Variante 8 - Dach	52
7.9	Variante 9 - Gas-Brennwertheizung	53
7.10	Variante 10 - Pellet-Heizung	54
7.11	Variante 11 - Solarthermie	55
7.12	Variante 12 - Effizienzhaus Denkmal	56
<b>8</b>	<b>SCHADSTOFFBILANZ</b>	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>LÜFTUNGSKONZEPT NACH DER DIN 1946-6</b>	<b>60</b>
<b>10</b>	<b>SONSTIGE MAßNAHMEN</b>	<b>61</b>
<b>11</b>	<b>GESETZLICHE ANFORDERUNGEN</b>	<b>63</b>
11.1	Nachrüst- und Nachweispflichten der EnEV	63
11.2	Bestandssanierung gemäß EnEV	63
<b>12</b>	<b>FÖRDERUNG VON ENERGIESPARMAßNAHMEN</b>	<b>65</b>
12.1	Bundesamt für Ausfuhrkontrolle und Wirtschaft (BAFA)	65
12.2	Zuschussprogramm des Landes Schleswig-Holstein	66
12.3	Kieler Klimaschutzfonds	66
<b>13</b>	<b>GLOSSAR</b>	<b>67</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 für die Gebäudetypen mit Backsteinfassaden zeigen Lösungswege auf, wie diese für das Quartier typischen Fassaden beibehalten werden können und der Energieverbrauch der Gebäude dennoch deutlich gesenkt werden kann.

Auftraggeber dieser Untersuchung ist das Umweltschutzamt der Landeshauptstadt Kiel.

Stand: Juni 2015

## 2 Der Haustyp

Im Bereich nördlich der Grünanlage Pfaffenteich, in der Karlsbader Straße und der Marienbader Straße, wurden ab 1940 Reihenhauszeilen mit Backsteinfassaden errichtet.

Die zweigeschossigen Reihenhäuser lassen sich in zwei Kategorien unterteilen:

- Reihenendhaus mit einer Breite von 7,30 m
- Reihenmittelhaus mit einer Breite von 4,23 m

Insgesamt befinden sich 194 Reihenhäuser in diesem Quartiersbereich, die sich zu Zeilen aus 10 bis 14 Gebäuden zusammenfügen. 1966 wurden zwei der ursprünglich geplanten Reihenhauszeilen durch Mehrfamilienhäuser mit ähnlicher Kubatur ersetzt.

Bei der überwiegenden Anzahl der Häuser ist das Dachgeschoss zu Wohnzwecken ausgebaut worden. Die Belichtung der Dachräume erfolgt über Dachflächenfenster in unterschiedlichen Formaten. Gauben sind kaum vorhanden. Im überwiegenden Teil sind die Keller unbeheizt. Zwischen den Reihenhäusern bestanden Verbindungen im Keller, um im Falle eines Luftangriffes die nur in einigen Häusern eingebauten Luftschutzkeller zu erreichen.

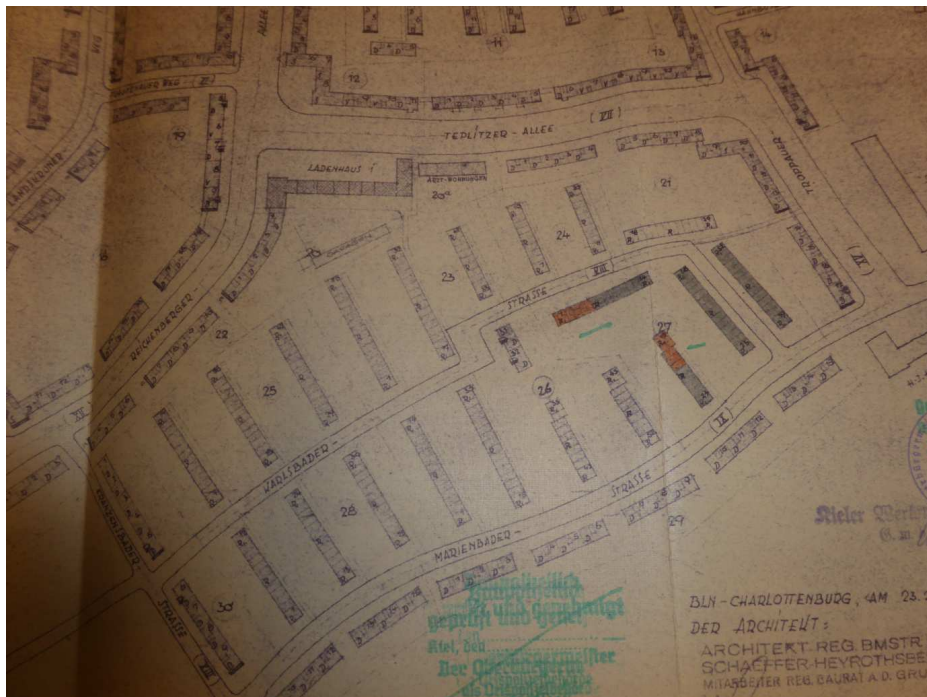


Abbildung 2 Reihenhauszeilen Elmschenhagen-Süd, Zeichnung von 1939

## 2.1 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 Kellerdecken sind als Stahlbeton oder 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 Türleibungen 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.

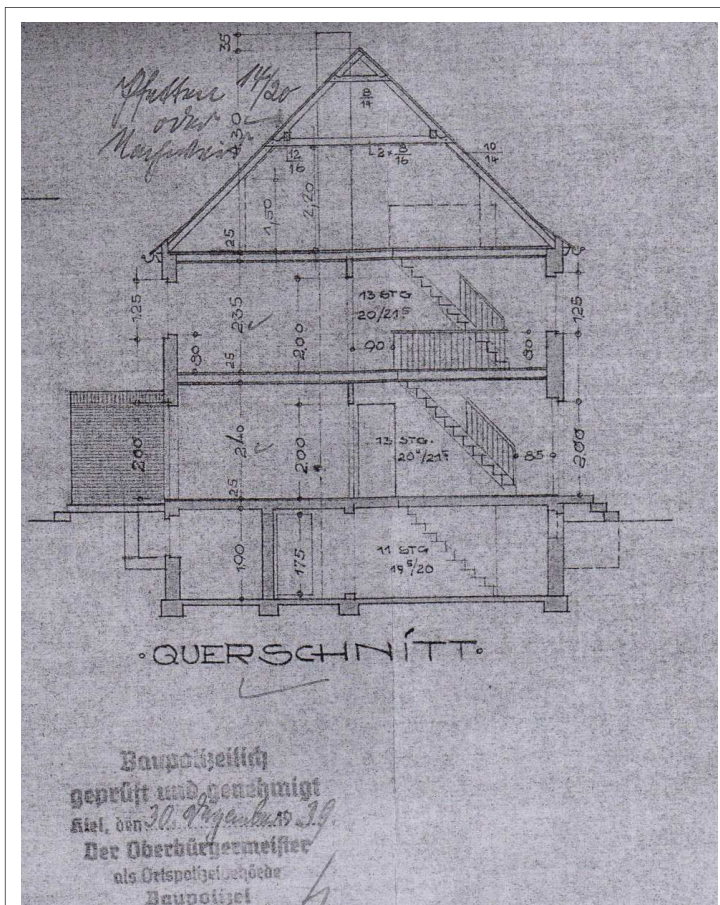


Abbildung 3 Detailschnitt aus der Bauantragszeichnung von 1939

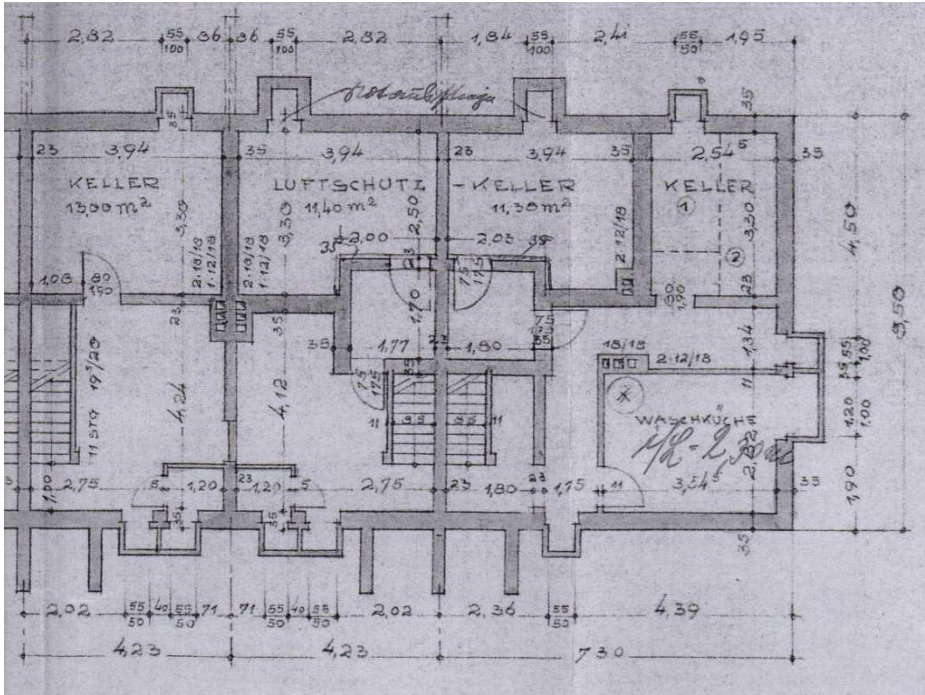


Abbildung 4 Kellergeschoss aus der Bauantragszeichnung 1939

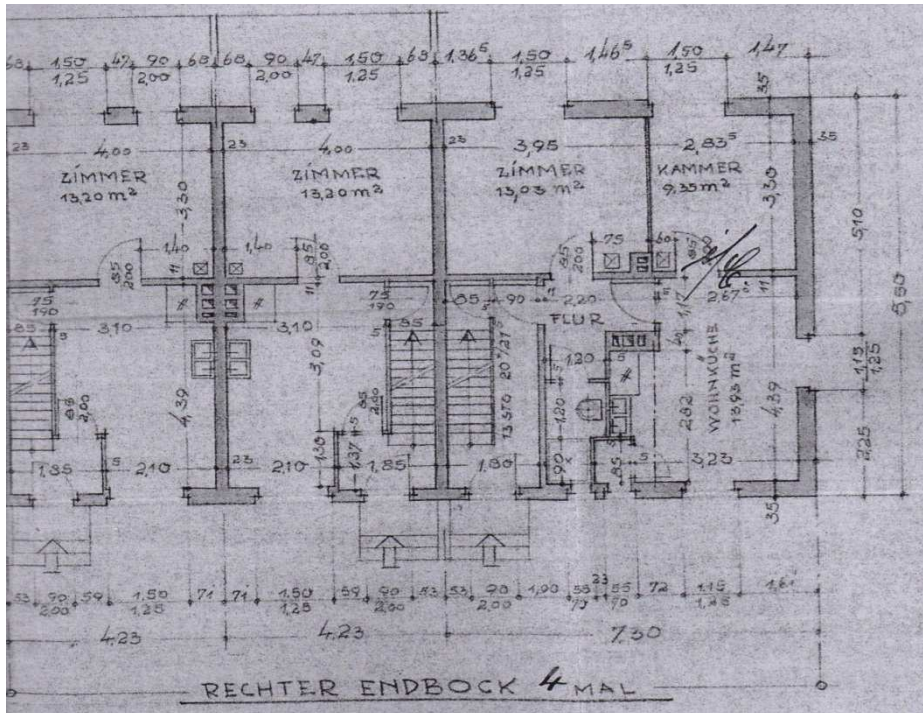


Abbildung 5 Erdgeschoss aus der Bauantragszeichnung 1939



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 Wiederaufbaumaßnahmen, bzw. Umbauten zu teilweise unterschiedlichen Konstruktionsaufbauten geführt haben. Diese wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt.

## 2.2 Heizungs- und Warmwasserversorgung

Die Beheizung erfolgt überwiegend mittels gasbefuerter Niedertemperatur- oder Brennwertkessel (Baujahr 1990 bis 2014). Die Kessel sind in den Kellerräumen aufgestellt. Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt zentral über indirekt vom Heizkessel beheizten Speicher.

## 2.3 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. Sie sind 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 nun 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.

## 3 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 Geschosdecken 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 (EnEV) durchgeführt.

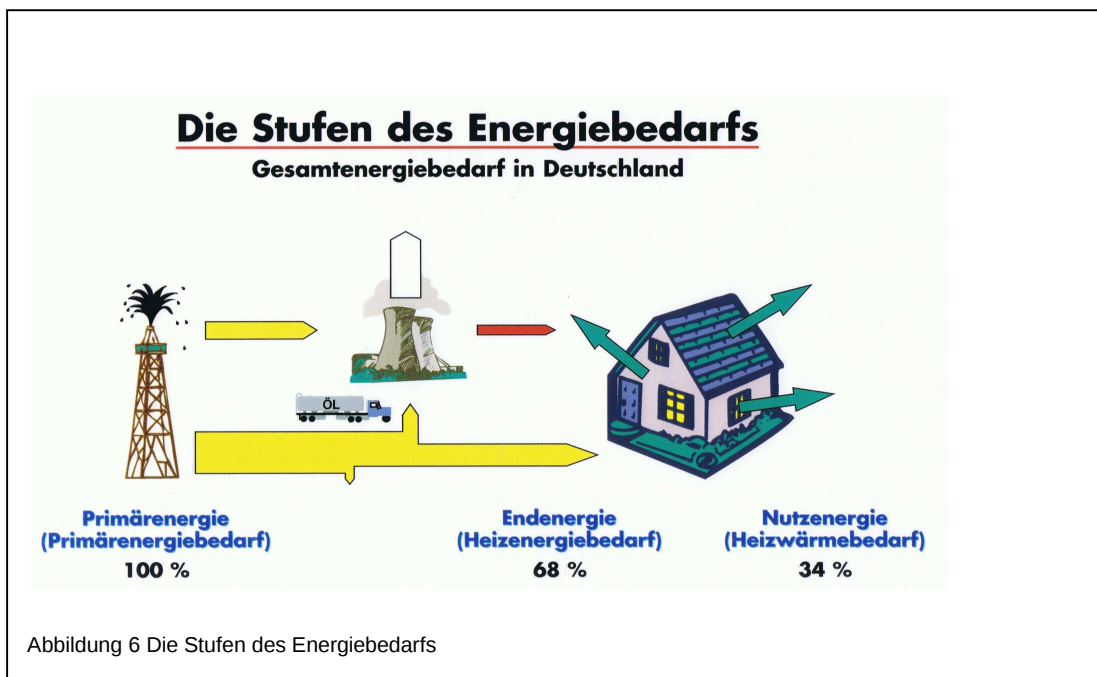
Einflüsse des Nutzerverhaltens sind bei diesem Verfahren weitgehend ausgeklammert. Dies erlaubt eine Beurteilung der reinen Bausubstanz sowie der Anlagentechnik. Da von einem "Normnutzerverhalten" ausgegangen wird, lässt der Vergleich des theoretisch berechneten Energiebedarfs und des tatsächlich in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

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 sogenannten 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

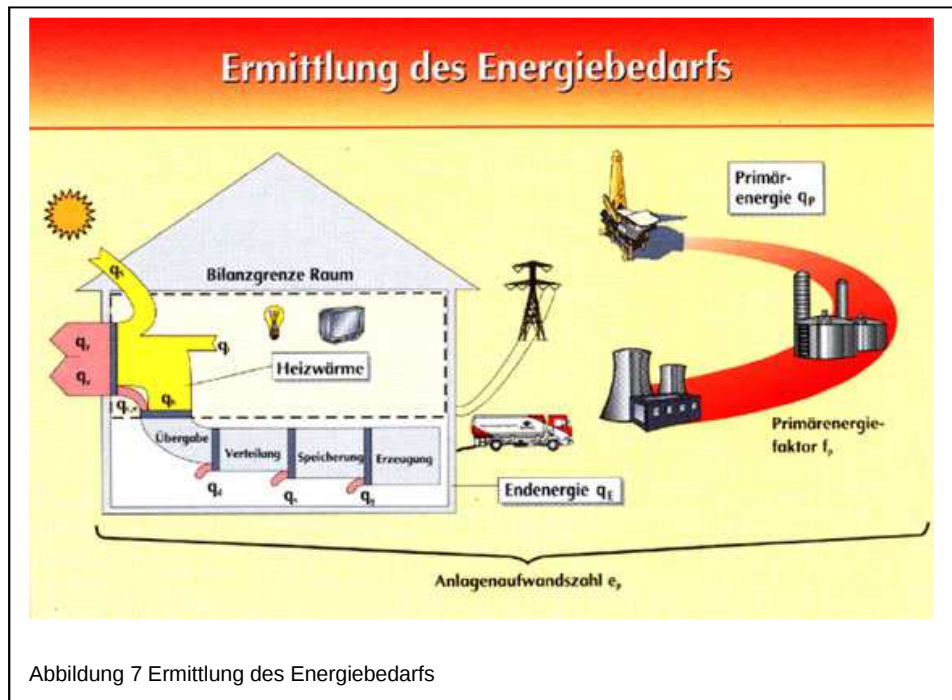


Abbildung 7 Ermittlung des Energiebedarfs

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

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.

### 4.1 Objektbeschreibung

Für den Gebäudetyp „Reihenendhaus Backstein“ wurde eine Energiebilanz erstellt. Den Berechnungen wurde der im Folgenden beschriebene Modernisierungsstand der Gebäudehülle und eine Wärme- und Warmwasserversorgung mit einem Gas-Niedertemperaturkessel zugrunde gelegt. Bei dem Reihenendhaustyp handelt es sich um ein zweigeschossiges Gebäude, das in Massivbauweise errichtet wurde. Es hat einen einfachen, rechteckigen Grundriss. Das Gebäude ist voll unterkellert. Der Keller wird als unbeheizt angenommen. Das Satteldach (Neigung 45°) ist bis zur obersten Geschossdecke ausgebaut. Den oberen Raumabschluss bilden die mit Gipskartonplatten und Sparschalung beplankten Kehlbalken.

Das Verhältnis von der Wärme übertragenden Gebäudehüllfläche zum Gebäudevolumen (A/V-Verhältnis) ist mit 0,64 durchschnittlich. Im bilanzierten Gebäudevolumen sind unbeheizte Räume und deren Hüllflächen nicht enthalten (Keller, Dachboden).

## 4.2 Allgemeine Daten

Haustyp	Wohngebäude, 1 Wohneinheit
Standort	24146 Kiel
Straße	Karlsbader Straße und Marienbader Straße
Baujahr	1942
Bezugsfläche An	139 m <sup>2</sup>
Beheizte Volumen	433 m <sup>3</sup>
Hüllfläche	279 m <sup>2</sup>
Lüftung	Natürliche Lüftung
A/V <sub>e</sub> Verhältnis	0,64 1/m
Wärmebrücken	pauschal
Anzahl der Bewohner	1 bis 4

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	248 d/a
mittl. Außentemperatur	9,5 °C
tiefste Außentemperatur	-12 °C
Innentemperatur	19 °C
mittlere Gradtagszahl	3158,20 d °C/a

Tabelle 2 Klimadaten

#### 4.4 Bestandsfotos



Abbildung 8 Giebelansicht eines Reihenendhauses



Abbildung 9 Giebel- und Vorderansicht eines Reihenendhauses



Abbildung 10 Rückansicht von Reihenhauszeilen

## 4.5 Bauteile des Gebäudes

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



P.	Bauteil	Einbauzustand	Zusatz	U-Wert W/(m²K)	max. U-Wert (EnEV) W/(m²K)	max. U-Wert (KfW) W/(m²K)	Fläche m²	Fxi	H <sub>T</sub> W/K	Konstruktion
1	Grundfläche	Kellerdecke		0,797	0,30	0,25	58,07	0,70	30,08	Kd Bestand 1954-Dielen
2	Deckenfläche	Kellerdecke	Treppenlauf	2,071	0,30	0,25	3,70	0,60	4,60	Stb.treppe
3	Wand	unbeheizte Räume	Treppen- abgang	1,753	0,30	0,25	3,68	0,50	3,23	Iw Bestand 1942_GS(8)
4	Wand	Außenluft	Giebel	1,729	0,24	0,20	49,69	1,00	85,91	Aw Bestand - 1939_KS_23
5	Wand	Außenluft	Garten	1,729	0,24	0,20	32,09	1,00	55,48	Aw Bestand - 1939_KS_23
6	Wand	Außenluft	Eingang	1,729	0,24	0,20	35,35	1,00	61,12	Aw Bestand - 1939_KS_23
7	Dach	Außenluft		0,559	0,24	0,14	49,76	1,00	27,82	Da Bestand 1980-(80)
8	Deckenfläche	ungedämmter Dachraum oberhalb		0,446	0,24	0,14	22,66	0,80	8,09	Holzbl.decke 1980_80

P.	Bauteil	Einbauzustand	Zusatz	U-Wert W/(m²K)	max. U-Wert (EnEV) W/(m²K)	max. U-Wert (KfW) W/(m²K)	Fläche m²	Fxi	H' <sub>T</sub> W/K	Konstruktion
9	Deckenfläche	ungedämmter Dachraum oberhalb		2,246	0,24	0,14	0,60	0,80	1,08	Holzluke
10	Tür, Nordost	Außenluft	Haustür	3,500	2,90	1,30	1,80	1,00	6,30	Standardtür_3,5_iso
11	Tür, ohne Ausrichtung	unbeheizte Räume	Kellertür	3,500	keine Vorgabe	keine Anf.	1,80	0,50	3,15	Standardtür
12	Fenster, Nordost	Außenluft		3,000	1,30	0,95	1,38	1,00	4,14	Isolierglas_Fenster,3.0
13	Fenster, Nordost, 45°	Außenluft		3,000	1,40	1,00	0,80	1,00	2,40	Isolierglas_Fenster,3.0
14	Fenster, Südwest	Außenluft		3,000	1,30	0,95	6,44	1,00	19,32	Isolierglas_Fenster,3.0
15	Fenster, Südwest ,45°	Außenluft		3,000	1,40	1,00	0,80	1,00	2,40	Isolierglas_Fenster,3.0
16	Fenster, Südost	Außenluft		3,000	1,30	0,95	10,28	1,00	30,84	Isolierglas_Fenster,3.0

Tabelle 3 Übersicht der wärmeübertragenden Flächen

Die Gebäude des Gebäudetyp „Reihenhaus Backstein“ weisen sehr unterschiedliche Sanierungsstände auf. Auf eine einheitliche Gestaltung wurde oftmals nicht geachtet. Die Terrassen sind vielfach mit Anbauten oder Wintergärten überbaut worden. Teilweise wurden die Dachflächen neu eingedeckt und gedämmt. Ein Reihenmittelhaus wurde energetisch komplett modernisiert und mit außenseitiger Wärmedämmung und Klinkerriemchen versehen. Vereinzelt wurden Giebelwände mit Wärmedämmverbundsystemen und Flachverblendern überformt.

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:

1. Außenwände  
11 cm rotes Sichtmauerwerk, 1 - 2 cm Luftschicht, 23 cm Kalksandstein-Hintermauerung, Innenputz; Wiederaufbau: Hintermauerschale teilweise Trümmersplitt
2. Kellerdecken  
Eisenbetonrippendecken oder Stahlbetondecken, Bodenbelag Wohnräume: Dielen auf Lagerhölzern, dazwischen 8 cm Koksasche, Bodenbelag Küchennische / Flur: Terrazzo
3. Haustüren  
Holz-/Kunststoff-/Aluminiumrahmen, Isolier-Verglasung, teilweise umlaufende Dichtungen
4. Fenster  
Einflügelige, Dreh-Kipp-Fenster mit herkömmlicher Zweischeiben-Isolierverglasung, weiß oder braun, Holz oder Kunststoff
5. Decke zum unbeheizten Dachboden  
Holzbalkendecke mit Dielung, 5 - 10 cm Mineralwolle-Dämmung
6. Dachschrägen  
teilweise 5 - 10 cm Mineralwolle als Zwischensparrendämmung
7. 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. Außenwanddecken). Darüber hinaus sind keine besonderen Wärmebrücken vorhanden.

## 8. 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 im Dachgeschoss wurden nachträglich gedämmt. In der Regel ist keine separate luftdichte Schicht (Folie o.ä.) vorhanden. Die Fenster wurden teilweise 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.

## 4.6 Beschreibung der Heizungs- und Warmwasseranlage

Die zentrale Wärmeerzeugung erfolgt i.d.R. mittels einer gasbefeuerten Niedertemperatur-Heizungstherme im unbeheizten Kellerraum. Die Umwälzpumpe ist nicht elektronisch geregelt. Die Rohrleitungen der horizontalen Verteilung verlaufen unterhalb der Kellerdecke. Diese und die Steigleitungen in den Wohnräumen sind mäßig gedämmt.

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

### 4.6.1 Heizungsanlage

#### Erzeuger

Nutzfläche $A_n$ :	138,700 m <sup>2</sup>
Baujahr:	2000
Leistung:	17,800 kW
Wärmeerzeugertyp:	Niedertemperatur-Kessel, neuer Standard, ab 1995, Aufstellung im unbeheizten Bereich
Kombibetrieb (auch WW):	ja
Brennstoffart:	Erdgas
Primärenergiefaktor:	1,10
Aufwandszahl:	1,102
Hilfsenergiebedarf:	2,370 kWh/(m <sup>2</sup> a)
mittlere Kesseltemp.:	42,20 °C
mittlere Heizkreistemp.:	49,35 °C
Bereitschaftsverluste bei 70°:	1,340 %
Bereitschaftsverluste:	0,595 %
30 % Teillast Wirkungsgrad:	90,900 %
Kesselwirkungsgrad:	90,880 %

#### Speicherung

Speichertyp:	kein Speicher
Speichernenninhalt:	0 l

#### Verteilung

horizontale Verteilung:	außerhalb / mäßig gedämmt
Strangleitung:	innerhalb / mäßig gedämmt
Anbindeleitung:	innerhalb / mäßig gedämmt
spezif. Wärmebedarf:	27,480 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Hilfsenergiebedarf:	2,230 kWh/(m <sup>2</sup> a)

#### Übergabe

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

Länge	fa	U-Wert
35,40 m	1,00	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
10,40 m	0,15	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
76,30 m	0,10	0,60 W/(m <sup>2</sup> K)

Tabelle 4 Angaben zur Verteilung

## 4.6.2 Warmwasseranlage 1

Die Warmwasserbereitung erfolgt direkt über die Heiztherme (Umlaufwasserheizer) oder einen indirekt beheizten Warmwasserspeicher. Der Speicher ist im beheizten Kellerraum aufgestellt. Die Wärme führenden Rohrleitungen sind mäßig gedämmt. Eine Zirkulationsleitung ist nicht installiert.

### Erzeuger

Nutzfläche $A_n$ :	138,70 m <sup>2</sup>
Baujahr:	2000
Leistung:	17,800 kW
Wärmeerzeugertyp:	Niedertemperatur-Kessel ab 1995
Brennstoffart:	Erdgas
Primärenergiefaktor:	1,10
Aufwandszahl:	1,156
Hilfsenergiebedarf:	0,280 kWh/(m <sup>2</sup> a)
mittlere Kesseltemp.:	35,28 °C
Bereitschaftsverluste bei 70°:	1,34 %
Bereitschaftsverluste:	0,41 %
Kesselwirkungsgrad:	90,38 %

### Speicherung

Speichertyp:	indirekt beheizter Speicher, Aufstellung im unbeheizten Bereich
Speicher-Nenninhalt:	130 l
Bereitschaftsverluste:	1,802 kWh/d
spezif. Wärmebedarf:	4,490 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Hilfsenergiebedarf:	0,090 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizwärmegutschrift:	0,000 kWh/(m <sup>2</sup> a)

## Verteilung ohne Zirkulation

horizontale Verteilung: außerhalb / mäßig gedämmt  
Strangleitung: innerhalb / mäßig gedämmt  
Stichleitung: Standardanordnung / mäßig gedämmt

spezif. Wärmebedarf: 11,190 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Hilfsenergiebedarf: 0,000 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Heizwärmegutschrift: 2,500 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Länge	fa	U-Wert
14,40 m	1,00	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
5,30 m	0,48	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
10,40 m	0,10	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)

Tabelle 5 Verteilung ohne Zirkulation

## 5 Energiebilanz des bestehenden Gebäudes

Der untersuchte Gebäudetyp „Reihenendhaus Backstein“ hat einen spezifischen Heizwärmebedarf von 181,32 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 268,53 kWh/(m<sup>2</sup>a).

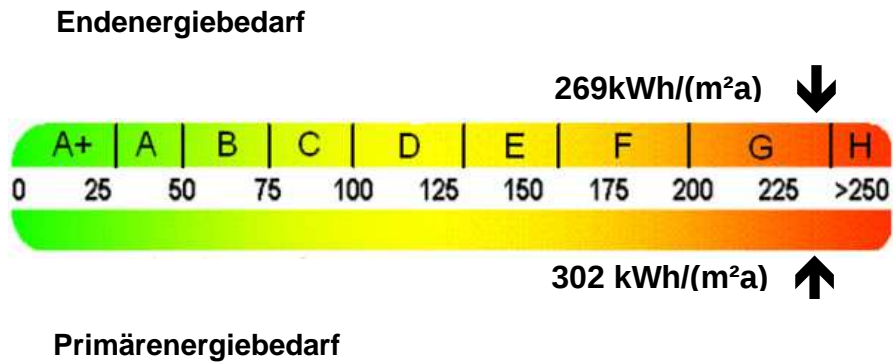
Der spezifische Primärenergiebedarf berücksichtigt zusätzlich die Verluste, die durch vorgelagerte Prozesse wie z. B. Energieerzeugung bzw. -umwandlung entstehen. Dieser Kennwert liegt bei 301,84 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Bei den oben angegebenen Werten, spezifischer Heizwärmebedarf, Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf, handelt es sich um Rechenwerte basierend auf der Grundlage der EnEV 2014. 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 3 Personen und einer vollständiger Beheizung des Gebäudes aus.



## 5.1 Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV



	Referenzgebäude *	Ihr Gebäude vor Sanierung	Abweichung vom Referenzgebäude
Primärenergiebedarf $Q_P$	72,150 kWh/(m²a)	301,770 kWh/(m²a)	418 %
Transmissionswärme- Wärmeverlust $H'_T$	0,380 W/(m²K)	1,340 W/(m²K)	354 %

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	30.851,92 kWh/a
Lüftungsverluste	6.468,03 kWh/a
Heizungsverluste	6.887,73 kWh/a
Warmwasser Nutzwärmebedarf	1.733,75 kWh/a
Warmwassererwärmung Verluste	2.784,55 kWh/a
<b>Summe Verluste</b>	<b>48.725,98 kWh/a</b>
solare Gewinne	4.537,33 kWh/a
interne Gewinne	4.597,65 kWh/a
Nachtabsenkung	3.035,89 kWh/a
zugeführte Heizenergie	32.036,82 kWh/a
zugeführte Energie Warmwassererwärmung	4.518,30 kWh/a
<b>Summe Gewinne</b>	<b>48.725,98 kWh/a</b>

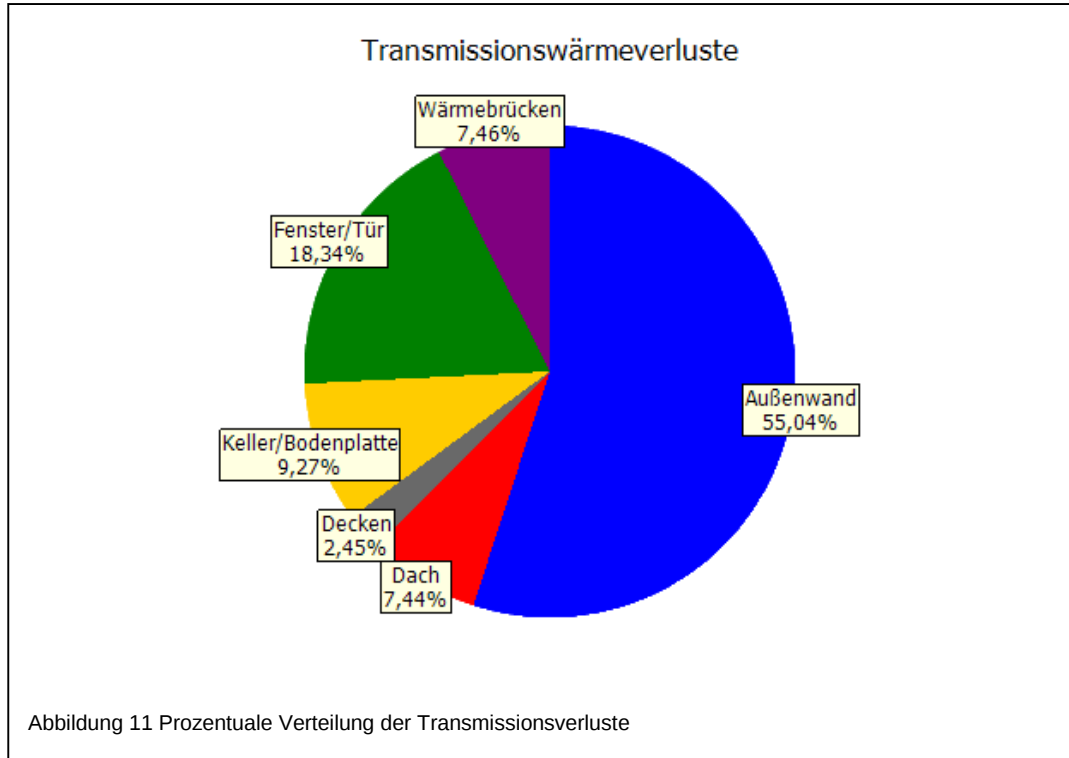
Tabelle 7 Energiebilanz des Gebäudes

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

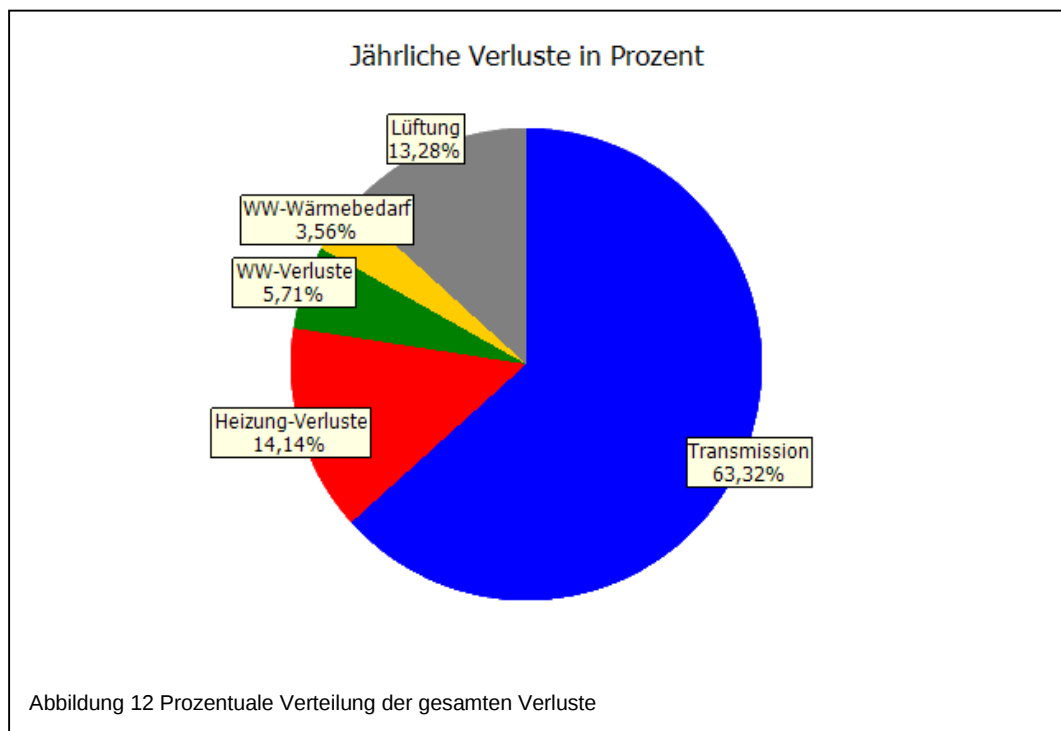
Heizwärmebedarf	25.149,09 kWh/a
Endenergiebedarf	37.244,46 kWh/a
Primärenergiebedarf	41.865,05 kWh/a
Aufwandszahl, primärenergiebezogen	1,56 e <sub>P</sub>

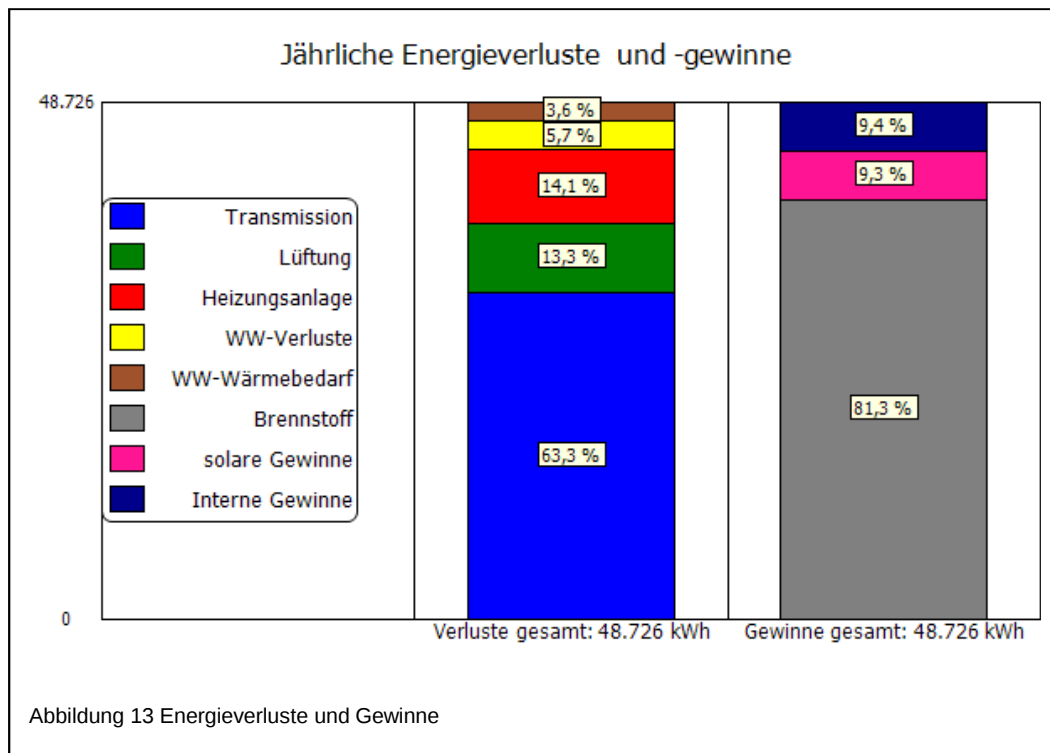
Tabelle 8 spezifische Kennzahlen

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



Durch die Außenwände geht 55,04 % der Wärme verloren. Die Fenster und Hauseingangstüren sind für 18,34 % der Transmissionswärmeverluste verantwortlich.





Die wenig gedämmte Gebäudehülle verursacht mit 63,3 % 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 81,3 % aus dem zugeführten Brennstoff erzeugt. Der restliche Anteil wird durch solare und interne Wärmegewinne abgedeckt.

## 6 Modernisierungsvarianten

### 6.1 Übersicht Energie- und Kosteneinsparung

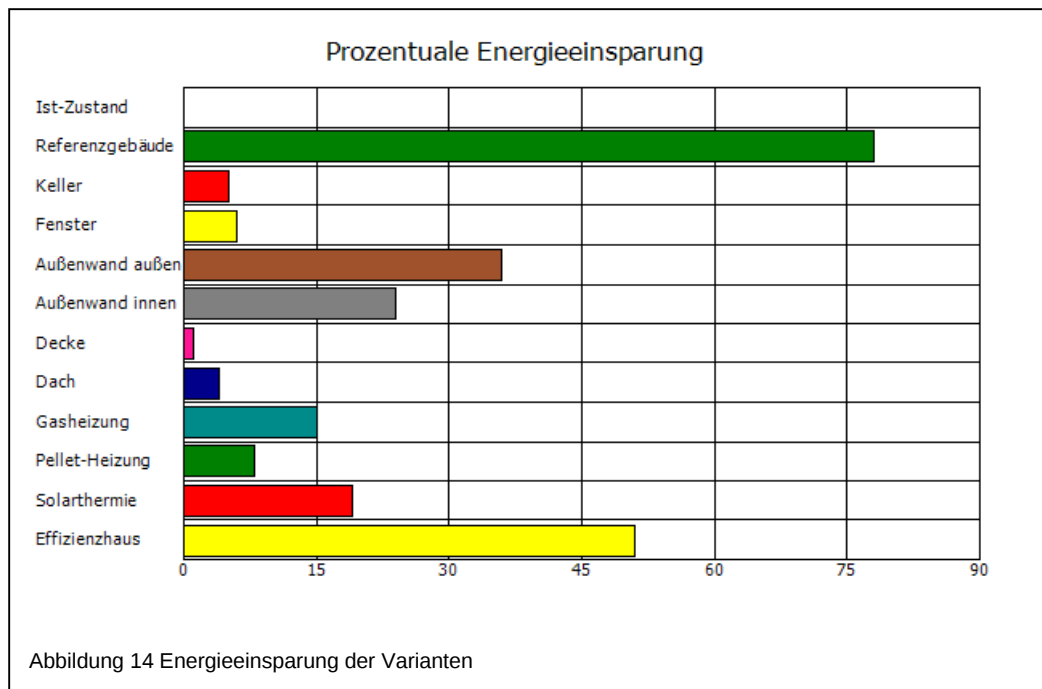
In der folgenden Tabelle sind die Prognose der Energiekosten für Heizung und Warmwasser nach Sanierung und die prognostizierte Energiekosteneinsparung den energetisch bedingten Sanierungskosten gegenübergestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten zur Energiekosteneinsparung 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.

Variante	jährliche Energie- kosten  €/a	Investi- tions- kosten*  €	jährlicher End- energie- bedarf  kWh/a	jährliche Energie- ein- sparung  %	jährliche Energie- kostenein- sparung  €	Amorti- sation  a
<b>Ist-Zustand</b>	3.394	0	37.244	0	0	0,00
<b>Referenzgebäude</b>	1.083	0	8.345	78	2.311	0,00
<b>Keller</b>	3.236	3.500	35.247	5	158	22,10
<b>Fenster</b>	3.213	2.000	34.950	6	182	11,00
<b>Außenwand Außendämmung</b>	2.308	25.000	23.760	36	1.087	23,00
<b>Außenwand Innendämmung</b>	2.685	18.000	28.374	24	710	25,40
<b>Decke</b>	3.363	1.800	36.827	1	31	57,20
<b>Dach</b>	3.278	3.500	35.771	4	116	30,10
<b>Gasheizung</b>	2.941	7.500	31.563	15	453	16,50
<b>Pellet-Heizung</b>	2.706	20.000	34.421	8	688	29,10
<b>Solarthermie</b>	2.866	10.000	30.288	19	528	18,90
<b>Effizienzhaus Denkmal</b>	1.719	70.000	18.379	51	1.675	41,80

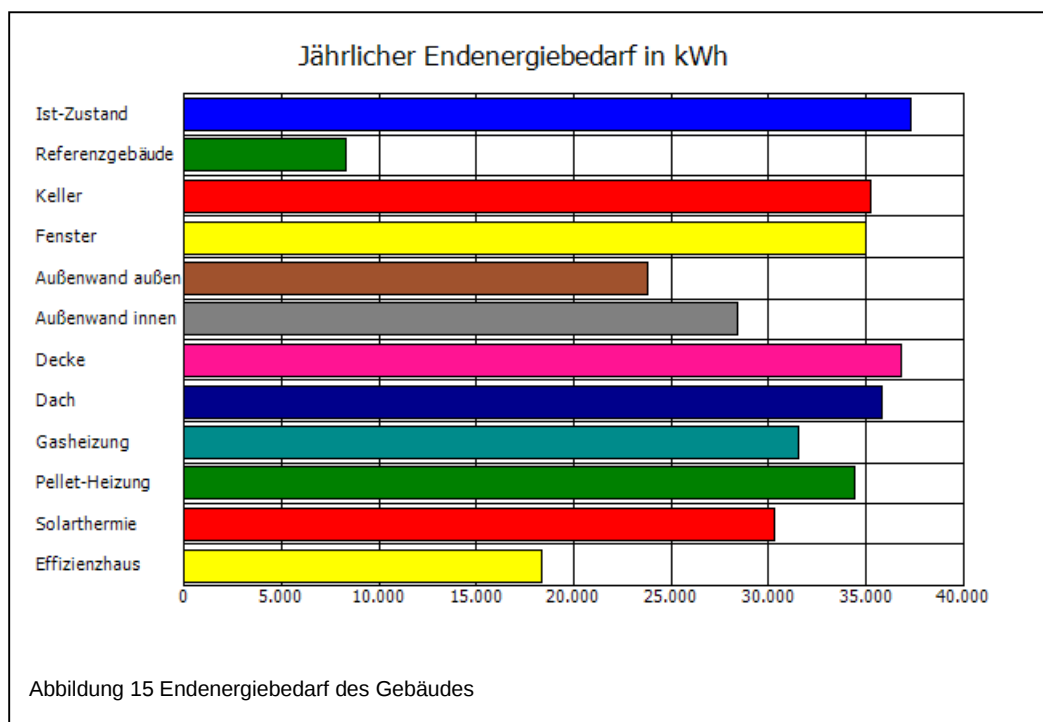
Tabelle 9 Variantenübersicht

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

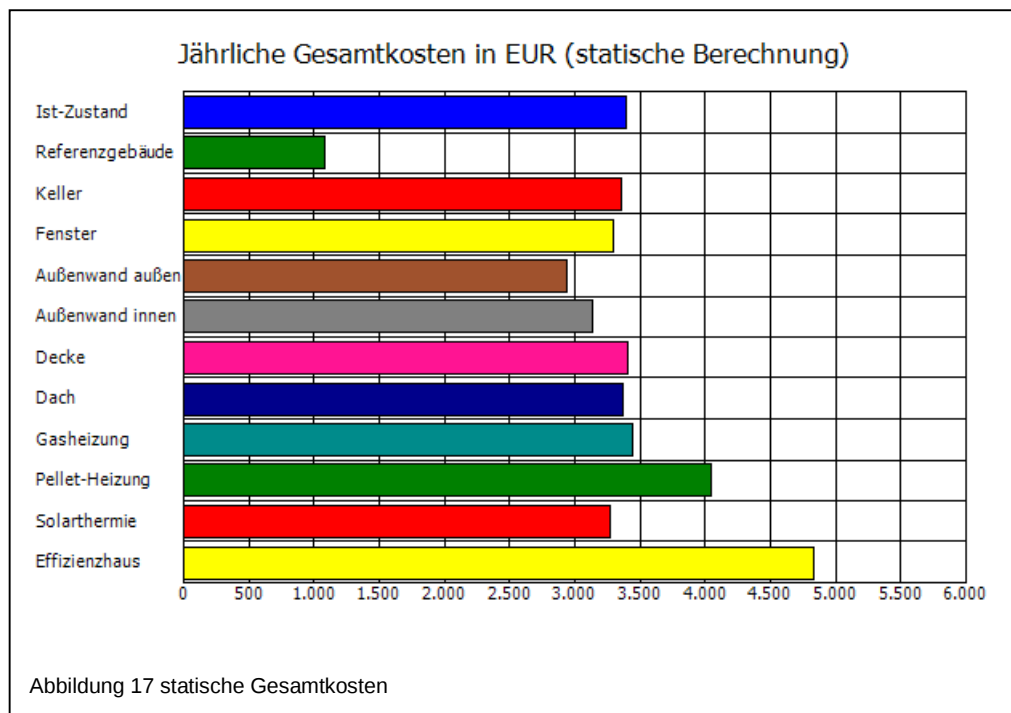
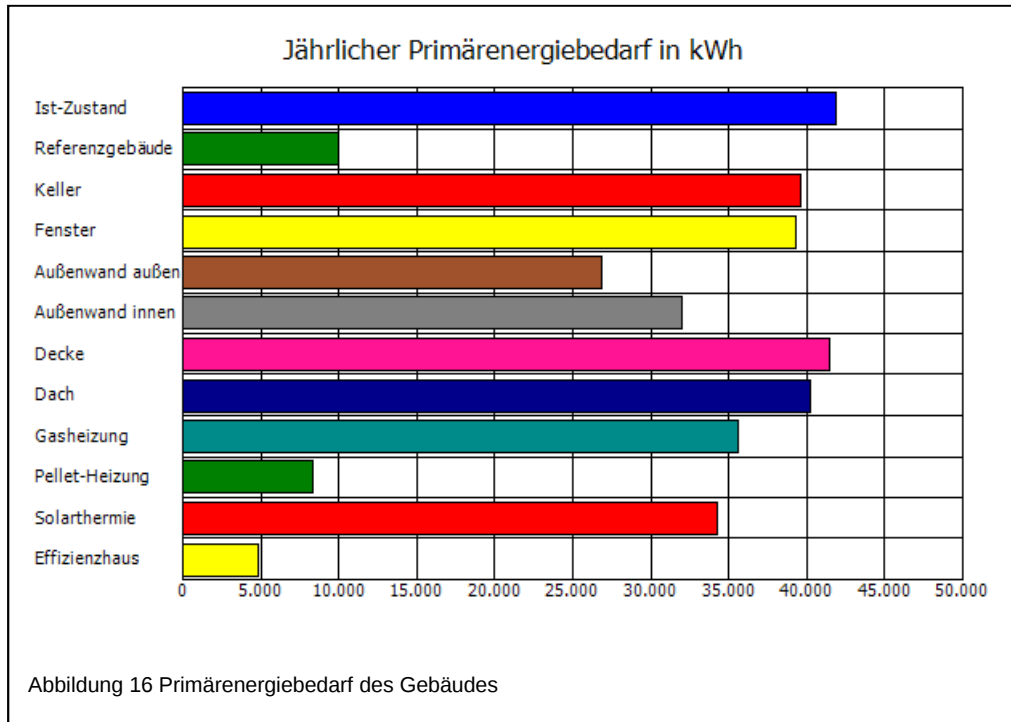
## 6.2 Grafiken Energie- und Kosteneinsparung



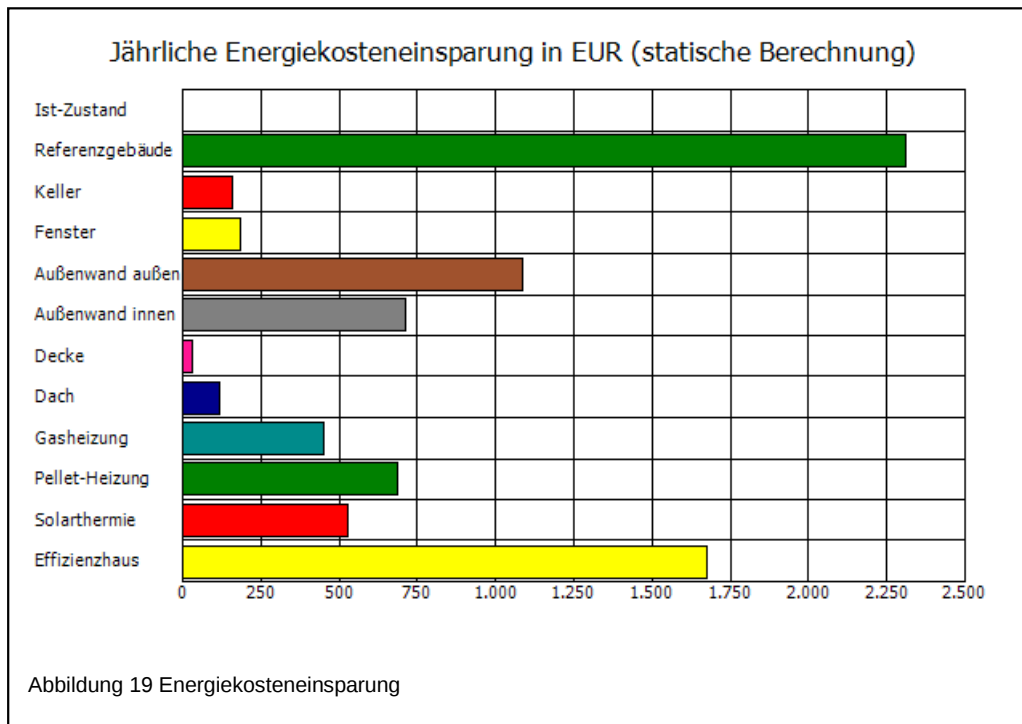
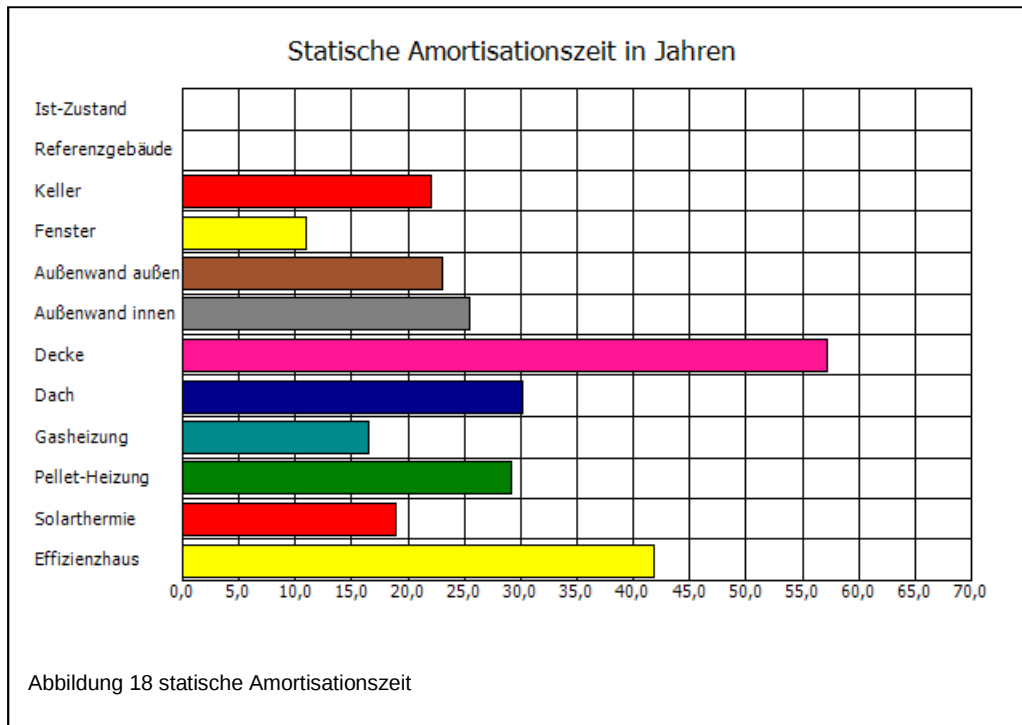
Mit der Modernisierung zum KfW-Effizienzhaus Denkmal kann eine Energieeinsparung von 51 % erzielt werden.



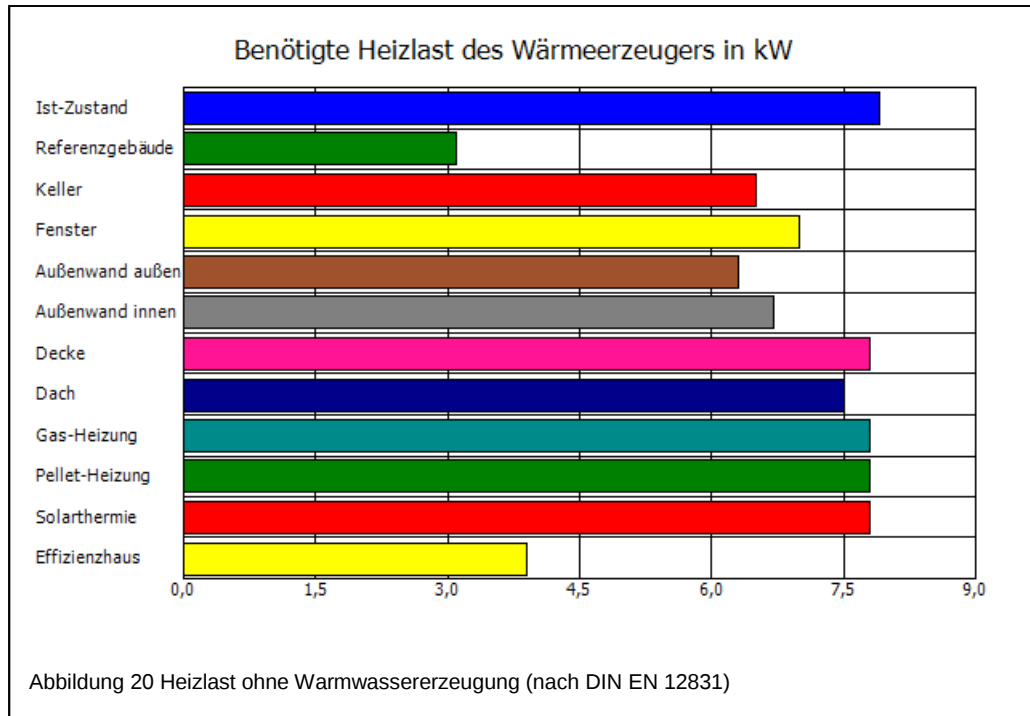
Der Endenergiebedarf kann von 37.244 kWh/a des Ist-Zustandes auf ca. 18.379 kWh/a des modernisierten Gebäudes (Variante Effizienzhaus) verringert werden.







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



Die Heizlast kann von 14,5 kW für den Ist-Zustands auf ca. 7,5 kW für das modernisierte Gebäude (Variante Effizienzhaus) verringert werden.

## 6.3 Kostengrundlage

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden folgende Kosten angesetzt:

Energiepreissteigerung	6,00 %
Zinssatz	1,00 %
Betrachtungszeitraum	15,00 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	0,070
Heizöl	250,00	0,085
Steinkohle	0,00	0,050
Braunkohle	0,00	0,050
Tagstrom	77,40	0,280
Nachtstrom	77,40	0,220
Fern/Nahw. KWK fossil	1.019,64	0,031
Fern/Nahw. KWK ern.	-	-
Fern/Nahw. HW fossil	-	-
Fern/Nahw. HW ern.	-	-
Holz	300,00	0,050
Holz-Pellets	500,00	0,060

Tabelle 11 Kosten in EUR

## 6.4 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 Landeshauptstadt 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 <sub>p</sub> zul.	72,15	72,15 * 1,15 = 82,97	72,15 * 1,00 = 72,15	72,15 * 0,85 = 61,33	72,15 * 0,70 = 50,51	72,15 * 0,55 = 39,68
H' <sub>T</sub> zul.	0,379	0,379 * 1,30 = 0,493	0,379 * 1,15 = 0,436	0,379 * 1,00 = 0,379	0,379 * 0,85 = 0,322	0,379 * 0,70 = 0,265

Tabelle 12 Anforderungswerte für die KfW-Effizienzhäuser

\* EnEV 2014 , Anlage 1, Tabelle 1

Variantenname	Q <sub>p</sub> * vorh.	H <sub>T</sub> * vorh.	KfW-Haus Klasse
Ist-Zustand	301,840	1,340	-
Referenzgebäude	72,150	0,379	-
Keller	285,880	1,243	keine KfW-Förderung
Fenster	283,510	1,182	KfW-Einzelmaßnahmen
Außenwand außen	193,270	0,711	keine KfW-Förderung
Außenwand innen	230,670	0,913	KfW-Einzelmaßnahmen
Decke	298,580	1,320	keine KfW-Förderung
Dach	290,090	1,269	KfW-Einzelmaßnahmen
Gas-Heizung	256,310	1,340	KfW-Einzelmaßnahmen
Pellet-Heizung	59,780	1,340	keine KfW-Förderung, Bafa- Förderung
Solarthermie	247,330	1,340	keine KfW-Förderung, Bafa- Förderung
Effizienzhaus	34,880	0,567	KfW-Effizienzhaus Denkmal

Tabelle 13 Förderübersicht der Varianten

\* 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 %

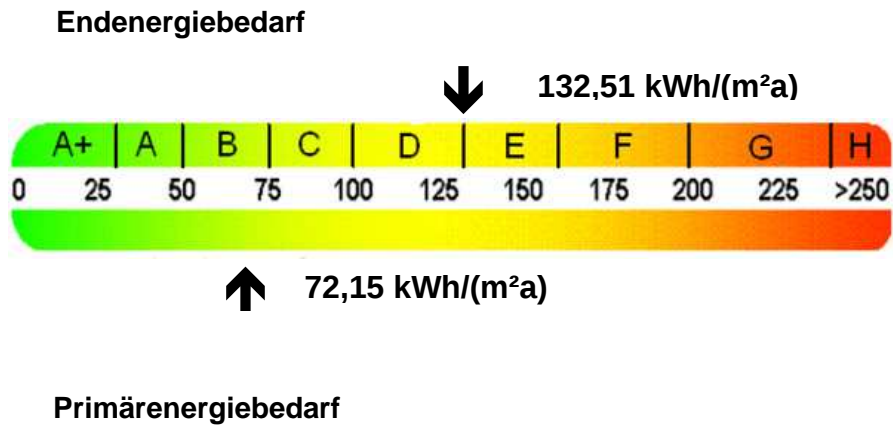
Tabelle 14 Tilgungszuschuss (Kreditvariante) (Stand Juni 2015)

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 %

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.

## 6.5 Komplettsanierung des Gebäudes zum Effizienzhaus



Bei der kompletten energetischen Sanierung des Gebäudes wird das Niveau

„KfW-Effizienzhaus Denkmal“ erreicht.

	Referenz- gebäude	Gebäude nach Sanierung	Verhältnis zum Referenz- gebäude <sup>1</sup>	Anfor- derung an KfW-Haus <sup>2</sup>
Primärenergiebedarf $Q_p$ in kWh/(m²a)	72,15	34,88	48 %	160 %
Transmissionswärmeverlust $H_T$ in W/(m²K)	0,379	0,567	150 %	175 %

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

Bezeichnung	
Beheiztes Volumen	433,30 m <sup>3</sup>
Bezugsfläche A <sub>n</sub>	138,70 m <sup>2</sup>
Hüllfläche	278,90 m <sup>2</sup>
Fensterfläche	19,70 m <sup>2</sup>
Türfläche	3,60 m <sup>2</sup>
Wärmebrücken	0,10 W/(m <sup>2</sup> K)
Bauart	schweres Gebäude - C <sub>wirk</sub> = 50 Wh/m <sup>2</sup> K * Ve

Tabelle 17 Übersicht der Gebäudedaten für das KfW-Effizienzhaus

## 6.6 Empfohlene Maßnahmen- Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei dem Reihenendhaustyp führen die im Vergleich zum Reihemittelhaus größeren Dach- und Außenwandflächen zu höheren Transmissionswärmeverlusten. Bei einer Komplettsanierung kann daher nur das bezüglich der Transmissionswärmeverluste weniger anspruchsvolle KfW-Effizienzhaus Denkmal erreicht werden. Die gesetzlichen Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2014 werden von allen Bauteilen erfüllt. Die 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 (Dach und Außenwände).

Bei den Reihenhäusern mit unbeheizten Kellerräumen (vorwiegend Reihenendhäuser) sollten die Kellerabgänge und die Kellerdecke unterseitig gedämmt werden. Um die ohnehin schon niedrigen lichten Höhen 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 weiße, mehrflügelige Sprossenfenster mit möglichst schmalen Profil eingebaut werden.

Die Gestaltung von neuen Haustüren mit Wärmeschutzverglasung sollte sich ebenfalls an dem historischen Vorbild orientieren.



Die Dachflächen der beheizten Dachräume sollten im Zuge einer sowieso anstehenden Neueindeckung gedämmt und luftdicht ausgeführt werden. Um durchgehende First- und Trauflinien der Reihenhauszeilen zu bewahren, sollte eine Zwischensparrendämmung mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit und zusätzlich – soweit möglich – eine Dämmung unterhalb der Sparren eingebaut werden.

Bei unbeheizten Dachräumen sollten die Decken und die Luken der Einschubtreppe energetisch optimiert werden. Diese Maßnahme kann ohne großen Aufwand und mit vergleichsweise geringen Investitionskosten durchgeführt werden.

Trotz der zahlreichen Veränderungen an den Reihenhäusern werden die Backsteinfassaden als erhaltenswert angesehen. Um das Ortsbild zu erhalten, sollten die Außenwände auf der Innenseite gedämmt werden. Das Energieeinsparpotential ist mit 24 % bei den Reihenendhäusern jedoch geringer als bei einer Außendämmung.

Um die KfW-Effizienzhausstandards und die InBA-Standards zu erreichen, sollten die vorhandenen Gasthermen durch Pellet-Thermen ersetzt werden. Wenn die Heizwärme- und Warmwassererzeugung zusätzlich durch eine solarthermische Anlage unterstützt wird, könnten der Primärenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen noch weiter gesenkt werden.

Durch die Dämmung der Hüllflächen wird die benötigte Heizlast um ca. 50 % gesenkt. Je Reihnhaus wäre nur noch eine Leistung von 7,5 kW erforderlich. Eine zentrale Wärme- und Warmwassererzeugung für die gesamte Reihenhauszeile wäre der bisher praktizierten separaten Erzeugung mittels einzelner Termen vorzuziehen.

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.

## 6.7 Umsetzbarkeit der Maßnahmen

Eine Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen ist bautechnisch ohne Einschränkungen möglich.

Die Umstellung auf Holzpellets ist nur möglich, wenn ein geeigneter Lagerraum zur Verfügung steht und die Anlieferung möglich ist. Bei dem oftmals vollständig genutzten Kellergeschoß der vergleichsweise kleinen Reihenhäuser könnte z. B. ein – kostenintensiver – Erdtank erforderlich sein. Bei einem geringen Heizwärmebedarf – idealerweise nach Komplettsanierung des Gebäudes – können die Pellets alternativ auch als Sackware angeliefert werden. Der Platzbedarf für die Lagerung wäre dann nur gering. Die Anlage müsste in diesem Fall manuell beschickt werden.

Eine gemeinsame Heizungsanlage für eine Reihenhauszeile ist bisher von den Eigentümern nicht thematisiert worden. Da in den letzten Jahren bereits einige Heizkessel erneuert wurden, besteht bei den betreffenden Eigentümern nur geringes Interesse an einer gemeinsamen Heizzentrale. Zumal diese mit weiteren Investitionen verbunden wäre. Im konkreten Einzelfall müsste geklärt werden, wo und mit welchem Aufwand ein Heizraum errichtet werden kann.

## 7 Maßnahmenbeschreibung Reihenmittelhaus 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. 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.

### 7.1 Variante 1 – Ist-Zustand

Der Ist-Zustand beschreibt den derzeitigen Zustand des Gebäudes.

#### Energie

Energiebedarf:	37.244,460 kWh/a
Energiekosten:	3.394,31 €/a

#### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf $Q_p$ :	301,840 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H_T$ :	1,343 W/(m <sup>2</sup> K)

## 7.2 Variante 2 - Referenzgebäude EnEV 2014

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.

### 7.2.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

#### Energie

Energiebedarf:	8.344,680 kWh/a
Energieeinsparung:	28.899,780 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	77,59 %
Energiekosten:	775,42 €/a
Energiekosteneinsparung:	1.083,44 €/a

#### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf $Q_P$ :	72,15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H_T$ :	0,379 W/(m <sup>2</sup> K)

## 7.3 Variante 3 – Kellerdecke

Maßnahmen dieser Variante:

- Kellerdecke  
unterseitig mit 8 cm dämmen, WLG 024 (PUR), neuer U-Wert: 0,227 W/(m<sup>2</sup>K)
- Kellerabgang (Treppenlauf, Innenwände)  
mit 3 cm dämmen, WLG 024, neuer U-Wert: 0,5984 W/(m<sup>2</sup>K)

An die Unterseite der Kellerdecke werden Dämmstoffplatten (z. B. Polystyrol-, Polyurethan-hartschaum- 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 ausgestattet.

### 7.3.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

#### Kosten

Investitionskosten: 3.500,00 €

#### Energie

Energiebedarf:	35.247,430 kWh/a
Energieeinsparung:	1.997,030 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	5,36 %
Energiekosten:	3.236,02 €/a
Energiekosteneinsparung:	158,29 €/a

#### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	30,00 a
Stat. Amortisation	22,10 a
Dyn. Amortisation	15,40 a

#### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf $Q_P$ :	285,880 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ :	1,240 W/(m <sup>2</sup> K)

## 7.4 Variante 4 - Fenster

Maßnahmen dieser Variante:

- Fenster  
Austausch der alten Fenster, neuer U-Wert:  $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (Wärmeschutzfenster)
- Haustür  
Austausch der alten Haustür, neuer U-Wert:  $1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (Wärmeschutzglas)

Die Fenster werden durch Fenster mit Dreifachverglasung 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 Haustür wird ebenfalls ausgetauscht.

### 7.4.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

#### Kosten

Investitionskosten:	10.000,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	8.000,00 €
Verbleibende Kosten (energetische Mehrkosten):	2.000,00 €

#### Energie

Energiebedarf:	34.950,30 kWh/a
Energieeinsparung:	2.294,16 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	6,16 %
Energiekosten:	3.212,57 €/a
Energiekosteneinsparung:	181,75 €/a

#### Wirtschaftlichkeit (energetische Mehrkosten)

Mittlere Lebensdauer	25,00 a
Stat. Amortisation	11,00 a
Dyn. Amortisation	9,10 a

#### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf $Q_P$ :	283,51 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H_T$ :	1,182 W/(m <sup>2</sup> K)

## 7.5 Variante 5 – Außenwände, Außendämmung

Maßnahmen dieser Variante:

- Außenwände  
außen mit 12 cm dämmen, WLG 032, neuer U-Wert: 0,231 W/(m<sup>2</sup>K)

Die Außenwände werden von außen mit einem sogenannten Wärmedämmverbundsystem (WDVS) gedämmt. Bei einem WDVS handelt es sich um eine Kombination von verschiedenen Baumaterialien, die zusammen eingesetzt werden: Auf das vorhandene Mauerwerk werden Dämmstoffplatten (z. B. Mineralfaser oder Polystyrol) aufgeklebt, die zusätzlich mit Kunststoffdübeln befestigt werden. Auf die Wärmedämmschicht wird eine Spachtelmasse aufgebracht, in die ein Armierungsgewebe eingearbeitet wird. Um die Mauerwerksoptik beizubehalten, werden Klinker-Riemchen angebracht.

Es dürfen nur komplette, aufeinander abgestimmte WDVS eines Herstellers verwendet werden. Eine Kombination verschiedener Einzelprodukte ist nicht zulässig.

Das WDVS macht es erforderlich, die Fensterbänke zu erneuern und den Dachüberstand zu verlängern. Zur Vermeidung von Feuchte- und Schimmelbildung ist es wichtig, die Thermohaut in die Fensterlaibungen herein zu ziehen - bzw. vorher die Fenster zu erneuern und bündig mit der Außenwand einzubauen.

Um Wärmebrücken zu vermeiden, sollte der Dämmstoff noch 50 cm über die Kellerdecke heruntergezogen werden, d.h. der Sockelbereich wird ebenfalls gedämmt.

## 7.5.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten: 25.000,00 €

### Energie

Energiebedarf: 23.760,070 kWh/a  
Energieeinsparung: 13.484,390 kWh/a  
Proz. Energieeinsparung: 36,21 %  
Energiekosten: 2.307,51 €/a  
Energiekosteneinsparung: 1.086,80 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer 40,00 a  
Stat. Amortisation 23,00 a  
Dyn. Amortisation 15,80 a

### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf  $Q_p$ : 193,270 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Transmissionswärmeverlust  $H'_T$ : 0,7110 W/(m<sup>2</sup>K)



## 7.6 Variante 6 – Außenwände, Innendämmung

Maßnahmen dieser Variante:

- Außenwände  
Innen mit 5 cm dämmen, WLG 045, neuer U-Wert: 0,59 W/(m<sup>2</sup>K)

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 1,1 m<sup>2</sup>
- 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

## 7.6.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten: 18.000,00 €

### Energie

Energiebedarf: 28.373,970 kWh/a  
Energieeinsparung: 8.870,490 kWh/a  
Proz. Energieeinsparung: 23,82 %  
Energiekosten: 2.684,77 €/a  
Energiekosteneinsparung: 709,55 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer 40,00 a  
Stat. Amortisation 25,40 a  
Dyn. Amortisation 17,00 a

### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf  $Q_p$ : 230,670 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Transmissionswärmeverlust  $H_T$ : 0,9130 W/(m<sup>2</sup>K)

## 7.7 Variante 7 - Oberste Geschossdecke

Maßnahmen dieser Variante:

- Oberste Geschossdecke (Holzbalken)  
mit 24 cm dämmen, WLG 032, neuer U-Wert: 0,153 W/(m<sup>2</sup>K)
- Luke der Einschubtreppe zum unbeheizten Dachboden  
mit 2 cm dämmen, WLG 023, neuer U-Wert: 0,843 W/(m<sup>2</sup>K)

Die Decke zum Spitzboden wird 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 Luke der Einschubtreppe wird ebenfalls gedämmt.

### 7.7.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

#### Kosten

Investitionskosten: 1.800,00 €

#### Energie

Energiebedarf: 36.826,870 kWh/a  
Energieeinsparung: 417,590 kWh/a  
Proz. Energieeinsparung: 1,12 %  
Energiekosten: 3.362,86 €/a  
Energiekosteneinsparung: 31,45 €/a

#### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer 40,00 a  
Stat. Amortisation 57,20 a  
Dyn. Amortisation 28,00 a

#### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf  $Q_P$ : 298,580 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Transmissionswärmeverlust  $H_T$ : 1,320 W/(m<sup>2</sup>K)

## 7.8 Variante 8 - Dach

Maßnahmen dieser Variante:

- Dach und Gauben  
mit 18 cm dämmen, WLG 032, neuer U-Wert: 0,23 W/(m<sup>2</sup>K)

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. Die Gaubendächer und Gaubenwände der vorhandenen Gauben werden ebenfalls gedämmt.

### 7.8.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

#### Kosten

Investitionskosten:	17.000,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	13.500,00 €
Verbleibende Kosten (energetische Mehrkosten):	3.500,00 €

#### Energie

Energiebedarf:	35.771,410 kWh/a
Energieeinsparung:	1.473,060 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	3,96 %
Energiekosten:	3.278,02 €/a
Energiekosteneinsparung:	116,30 €/a

#### Wirtschaftlichkeit (energetische Mehrkosten)

Mittlere Lebensdauer	40,00 a
Stat. Amortisation	30,10 a
Dyn. Amortisation	19,00 a

#### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf $Q_p$ :	290,090 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H_T$ :	1,269 W/(m <sup>2</sup> K)

## 7.9 Variante 9 – Gas-Brennwertheizung

### Beschreibung

Maßnahmen dieser Variante:

- Heizungsanlage  
Neueinbau Gas-Brennwertheizkessel, ca. 14,5 kW
- Heizungsanlage  
geregelt Pumpen, hydraulischer Abgleich
- Wärmeabgebende Rohrleitungen  
gemäß Energieeinsparverordnung dämmen

Der vorhandene Gasheizkessel wird durch einen Gas-Brennwertheizkessel ersetzt. Die wärmeführenden Rohrleitungen der Heizung und der Warmwasserversorgung werden gemäß der EnEV gedämmt. Es werden geregelte Umwälzpumpen eingebaut und ein hydraulischer Abgleich durchgeführt.

### 7.9.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

#### Kosten

Investitionskosten: 7.500,00 €

#### Energie

Energiebedarf:	31.562,910 kWh/a
Energieeinsparung:	5.681,550 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	15,25 %
Energiekosten:	2.941,07 €/a
Energiekosteneinsparung:	453,25 €/a

#### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	15,00 a
Stat. Amortisation	16,50 a
Dyn. Amortisation	12,50 a

#### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf $Q_p$ :	256,310 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H_T$ :	1,340 W/(m <sup>2</sup> K)

## 7.10 Variante 10 - Pellet-Heizung

### Beschreibung

Maßnahmen dieser Variante:

- Heizungsanlage  
Neueinbau Pellet-Heizkessel, ca. 14,5 kW
- Heizungsanlage  
geregelt Pumpen, hydraulischer Abgleich
- Wärmeabgebende Rohrleitungen  
gemäß Energieeinsparverordnung dämmen

Der Gasheizkessel wird durch einen Pellet-Heizkessel ersetzt. Es wird eine geregelte Umwälzpumpe 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.

### 7.10.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

#### Kosten

Investitionskosten: 20.000,00 €

#### Energie

Energiebedarf:	34.421,260 kWh/a
Energieeinsparung:	2.823,210 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	7,58 %
Energiekosten:	2.705,95 €/a
Energiekosteneinsparung:	688,37 €/a

#### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	15,00 a
Stat. Amortisation	29,10 a
Dyn. Amortisation	18,60 a

#### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf $Q_p$ :	59,780 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H_T$ :	1,3400 W/(m <sup>2</sup> K)

## 7.11 Variante 11 – Solarthermie

### Beschreibung

Maßnahmen dieser Variante:

- Heizungsanlage Solarthermieanlage, z. B. 8 m<sup>2</sup> bis 10 m<sup>2</sup> Kollektorfläche, 500 Liter Speicher
- Wärmeabgebende Rohrleitungen gemäß Energieeinsparverordnung dämmen

Es wird eine solarthermische Anlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung und der Wärmeerzeugung eingebaut. Dafür werden ein Speicher im Heizraum und Kollektoren auf dem Dach installiert. Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral über den Heizkessel und die solarthermische Anlage. Die Anlage deckt ca. 60 % des Jahres-Warmwasserenergiebedarfs und 10 % des Heizwärmebedarfs ab. Gerade für Familien mit hohem Warmwasserverbrauch ist eine Solaranlage eine lohnenswerte Investition. Wenn zusätzlich eine Geschirrspülmaschine und Waschmaschine über ein Vorschaltgerät mit Warmwasser versorgt werden, wird Strom eingespart und die Auslastung der Solaranlage verbessert. Die wärmeführenden Rohrleitungen werden gemäß der EnEV gedämmt. Für einen optimalen Ertrag sollten die Kollektoren nach Süden ausgerichtet sein. Eine ungünstige Ausrichtung der Dachflächen muss durch eine größere Kollektorfläche ausgeglichen werden.

### 7.11.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

#### Kosten

Investitionskosten: 10.000,00 €

#### Energie

Energiebedarf:	30.287,710 kWh/a
Energieeinsparung:	6.956,760 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	18,68 %
Energiekosten:	2.865,98 €/a
Energiekosteneinsparung:	528,34 €/a

#### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	25,00 a
Stat. Amortisation	18,90 a
Dyn. Amortisation	13,80 a

#### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf $Q_p$ :	247,330 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ :	1,3400 W/(m <sup>2</sup> K)

## 7.12 Variante 12 - Effizienzhaus Denkmal

### Beschreibung

Maßnahmen dieser Variante:

- Kellerdecke  
unterseitig mit 8 cm dämmen, WLG 024 Polystyrolämmung (PUR), neuer U-Wert: 0,224 W/(m<sup>2</sup>K)
- Kellerabgang  
unterseitig mit 3 cm dämmen, WLG 024 (PUR), neuer U-Wert: 0,577 W/(m<sup>2</sup>K)
- Fenster  
Austausch der alten Fenster, neuer U-Wert: 0,950 W/(m<sup>2</sup>K)
- Haustür  
Austausch der alten Haustür, neuer U-Wert: 1,300 W/(m<sup>2</sup>K)
- Außenwände  
Innen mit 5 cm dämmen, WLG 032, neuer U-Wert: 0,592 W/(m<sup>2</sup>K)
- Oberste Geschossdecke  
mit 24 cm dämmen, WLG 032, neuer U-Wert: 0,143 W/(m<sup>2</sup>K)
- Luke der Einschubtreppe zum unbeheizten Dachboden  
mit 2 cm dämmen, WLG 023, neuer U-Wert: 0,843 W/(m<sup>2</sup>K)
- Dach  
mit 18 cm dämmen, WLG 032, neuer U-Wert: 0,230 W/(m<sup>2</sup>K)
- Heizungsanlage  
Neueinbau Pellet-Heizkessel, 7,5 kW
- Heizungsanlage  
geregelt Pumpe, 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.



## 7.12.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

### Kosten

Investitionskosten: 70.000,00 €

### Energie

Energiebedarf: 18.378,670 kWh/a

Energieeinsparung: 18.865,790 kWh/a

Proz. Energieeinsparung: 50,65 %

Energiekosten: 1.718,98 €/a

Energiekosteneinsparung: 1.675,34 €/a

### Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer 22,50 a

Stat. Amortisation 41,80 a

Dyn. Amortisation 23,30 a

### Energie-Kennzahlen

Primärenergiebedarf  $Q_p$ : 34,880 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Transmissionswärmeverlust  $H_T$ : 0,567 W/(m<sup>2</sup>K)

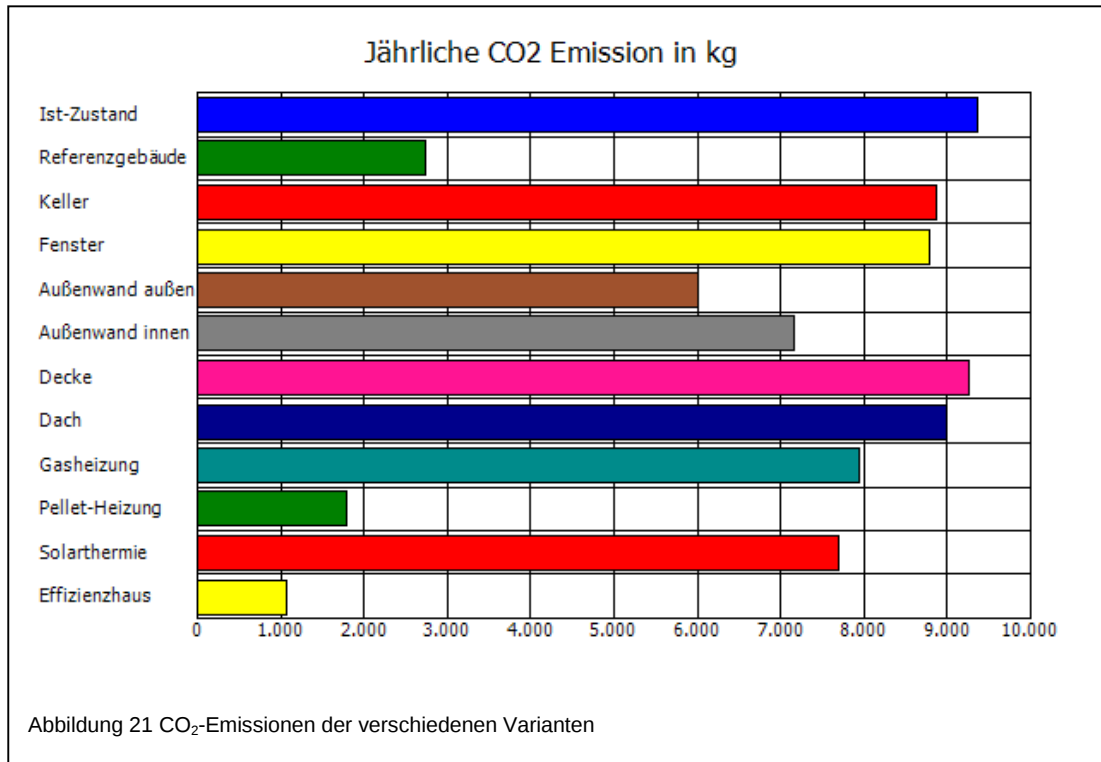
## 8 Schadstoffbilanz

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

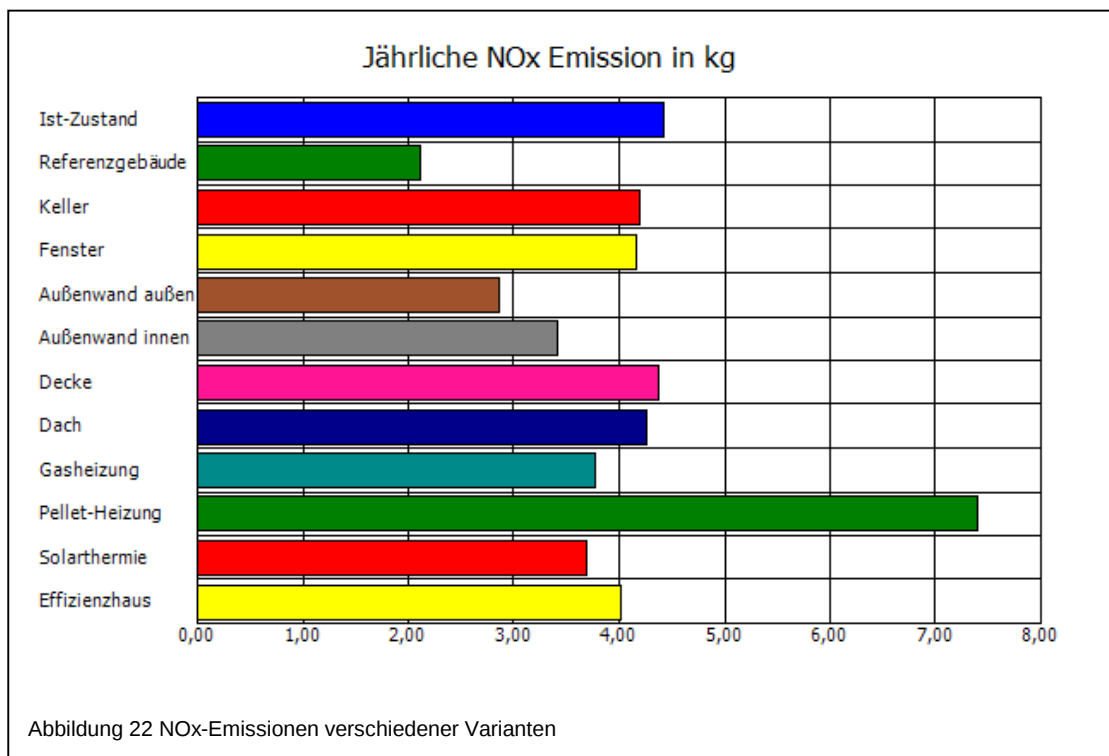
Energieträger	Emissionsfaktoren kg/kWh					Primär- energie- faktor
	CO <sub>2</sub>	CO	Staub	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	
Erdgas	0,2440	0,000150	0,0000004	0,000004	0,000110	1,10
Flüssiggas	0,2630	0,000150	0,0000004	0,000004	0,000110	1,10
Heizöl	0,3020	0,000190	0,000007	0,000643	0,000227	1,10
Steinkohle	0,4380	0,017500	0,000439	0,00240	0,000350	1,10
Braunkohle	0,4510	0,014250	0,000404	0,000921	0,000342	1,20
Tagstrom	0,6330	0,000220	0,000077	0,001111	0,000583	2,40
Nachtstrom	0,6330	0,000220	0,000077	0,001111	0,000583	2,40
Fern/Nahw. KWK fos.	0,2190	0,000356	0,000009	-0,000134	0,000357	0,70
Fern/Nahw. KWK ern.	0,0000	0,000936	0,000120	0,000567	0,001068	0,00
Fern/Nahw. HW fossil	0,4070	0,034000	0,000030	0,000470	0,000630	1,30
Fern/Nahw. HW ern.	0,1082	0,001120	0,000296	0,000606	0,000477	0,10
Holz	0,0060	0,012800	0,000152	0,006360	0,000208	0,20
Holz-Pellets	0,0410	0,002100	0,000152	0,000215	0,000208	0,20
Sonstiges	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00

Tabelle 18 Spezifische Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger

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 **9.356 kg pro Jahr**. Die Kohlendioxid-Emissionen des modernisierten Gebäudes (Variante Effizienzhaus) belaufen sich auf **1.066 kg pro Jahr**.



## 9 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.

## 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.

### *Dämmung der wärmeführenden Rohrleitungen*

Die zu verlegenden Rohrleitungen sollten mindestens entsprechend der Energieeinsparverordnung gedämmt werden. Siehe dazu Tabelle 19.

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 19 Mindestdämmstärken für Wärmeverteilungen

Die eingeschränkten Anforderungen gelten für Leitungen und Armaturen in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Rohrleitungen, an Rohrleitungsverbindungsstellen, bei zentralen Rohrverteilern, Heizkörperanschlüssen 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 Ausführungkontrolle und Wirtschaft (BAFA)

Über das Bundesamt für Ausführungkontrolle 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 drei 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<sub>xi</sub>)

Dimensionsloser Faktor zur Berechnung des Heizwärmebedarfs.

## Transmissionswärmeverlust (H'<sub>T</sub>)

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/(m<sup>2</sup>a) 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 (m<sup>2</sup>) bei einem Grad Temperaturdifferenz (K = Grad Kelvin) durch das Bauteil transmittiert (Einheit: W/(m<sup>2</sup>K)). 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 Baustoffes. 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	14
Tabelle 2 Klimadaten	14
Tabelle 3 Übersicht der wärmeübertragenden Flächen	17 - 18
Tabelle 4 Angaben zur Verteilung	22
Tabelle 5 Verteilung ohne Zirkulation	23
Tabelle 6 Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV	25
Tabelle 7 Energiebilanz des Gebäudes	26
Tabelle 8 spezifische Kennzahlen	26
Tabelle 9 Variantenübersicht	30
Tabelle 10 Energiepreissteigerung und Zinssatz	35
Tabelle 11 Kosten in EUR	35
Tabelle 12 Anforderungswerte für die KfW-Effizienzhäuser	36
Tabelle 13 Förderübersicht der Varianten	37
Tabelle 14 Tilgungszuschuss (Kreditvariante) (Stand Juni 2015)	38
Tabelle 15 Direkter Zuschuss (ohne Kredit) (Stand Juni 2015)	38
Tabelle 16 Einstufung der Variante	39
Tabelle 17 Übersicht der Gebäudedaten für das KfW-Effizienzhaus	40
Tabelle 18 Spezifische Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger	58
Tabelle 19 Mindestdämmstärken für Wärmeverteilungen	62



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Reihenendhaus	1
Abbildung 2 Reihenhauszeilen Elmschenhagen-Süd, Zeichnung von 1939	6
Abbildung 3 Detailschnitt aus der Bauantragszeichnung von 1939	7
Abbildung 4 Kellergeschoss aus der Bauantragszeichnung 1939	8
Abbildung 5 Erdgeschoss aus der Bauantragszeichnung 1939	8
Abbildung 6 Die Stufen des Energiebedarfs	11
Abbildung 7 Ermittlung des Energiebedarfs	12
Abbildung 9 Giebelansicht eines Reihenendhauses	15
Abbildung 8 Giebel- und Vorderansicht eines Reihenendhauses	15
Abbildung 10 Rückansicht von Reihenhauszeilen	16
Abbildung 11 prozentuale Verteilung der Transmissionsverluste	27
Abbildung 12 prozentuale Verteilung der gesamten Verluste	27
Abbildung 13 Energieverluste und Gewinne	28
Abbildung 14 Energieeinsparung der Varianten	31
Abbildung 15 Endenergiebedarf des Gebäudes	31
Abbildung 16 Primärenergiebedarf des Gebäudes	32
Abbildung 17 statische Gesamtkosten	32
Abbildung 18 statische Amortisationszeit	33
Abbildung 19 Energiekosteneinsparung	33
Abbildung 20 Heizlast ohne Warmwassererzeugung (nach DIN EN 12831)	34
Abbildung 21 CO <sub>2</sub> -Emissionen der verschiedenen Varianten	59
Abbildung 22 NO <sub>x</sub> -Emissionen verschiedener Varianten	59