

Mustersanierungskonzept für Kettenhäuser (Atriumhaus) in der Siedlung Elmschenhagen-Süd

Gebäudetyp: Kettenhaus (Atriumhaus)



Abbildung 1 EFH Kettenhäuser

Bearbeitung durch

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

ZEBAU

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



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



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



Inhaltsverzeichnis

1	VORBEMERKUNGEN	5
1.1	Anlass und Ziel des Mustersanierungskonzeptes.....	5
2	DER HAUSTYP	6
3	ALLGEMEINE HINWEISE	7
3.1	Das Bilanzverfahren der Energieeinsparverordnung.....	8
3.2	Der Berechnungsweg.....	9
4	IST- ANALYSE	10
4.1	Objektbeschreibung.....	10
4.2	Bestandsfotos.....	11
4.3	Allgemeine Daten.....	13
4.4	Klimadaten.....	13
4.5	Grundannahmen zur Berechnung - Bauteile des Gebäudes.....	14
4.6	Wärmebrücken.....	18
4.7	Lüftungsverluste.....	18
4.8	Beschreibung der Heizungs- und Warmwasseranlage.....	18
5	ENERGIEBILANZ DES BESTEHENDEN GEBÄUDES	22
5.1	Einstufung gemäß Energieausweis nach EnEV.....	22
5.2	Energiebedarf.....	23
5.3	Vergleich des tatsächlichen Energieverbrauchs mit dem rechnerisch ermittelten Energiebedarf.....	26
6	VARIANTEN	27
6.1	Übersicht Energie- und Kosteneinsparung.....	27
6.2	Grafiken Energie- und Kosteneinsparung.....	29
6.3	Kostengrundlage.....	32
6.4	KfW Förderungsübersicht.....	33
6.5	Komplettsanierung des Gebäudes zum Effizienzhaus.....	35
6.6	Empfohlene Maßnahmen – Sanierungsfahrplan.....	36

7	MAßNAHMENBESCHREIBUNG.....	38
7.1	Variante: Referenzgebäude.....	38
7.2	Variante: Außenwände.....	39
7.3	Variante: Fenster und Haustüren.....	41
7.4	Variante: Flachdach.....	42
7.5	Variante: Gas-Heizung + Solarthermie.....	44
7.6	Variante: KfW-Effizienzhaus 85 und InBA-Standard.....	46
8	SCHADSTOFFBILANZ.....	48
9	ALLGEMEINE ERLÄUTERUNGEN.....	50
9.1	Lüftungskonzept nach der DIN 1946-6.....	50
9.2	Wärmebrücken.....	50
10	SONSTIGE MAßNAHMEN.....	52
11	GESETZLICHE ANFORDERUNGEN.....	54
11.1	Nachrüst- und Nachweispflichten der EnEV.....	54
11.2	Bestandssanierung gemäß EnEV.....	54
12	FÖRDERUNG VON ENERGIESPARMAßNAHMEN.....	56
12.1	Bundesamt für Ausfuhrkontrolle und Wirtschaft (BAFA).....	56
12.2	Zuschussprogramm des Landes Schleswig-Holstein.....	57
12.3	Kieler Klimaschutzfonds.....	57
13	GLOSSAR.....	58

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

Insgesamt gibt es 43 Kettenhäuser in dem Stadtteilgebiet Elmschenhagen-Süd, welche zeitgleich in den Jahren 1977 - 1979 errichtet wurden. Bei den Häusern handelt es sich um eingeschossige Bungalowhäuser. Vom Grundprinzip sind alle Häuser baugleich, es gibt jedoch zwei unterschiedliche Typen, die in ihrer Außenkubatur leicht voneinander abweichen. Die Grundform der Gebäude ist ein Winkel mit einem Gartenhof, welcher direkt an die Nachbarhäuser angrenzt. So entstehen Atrien zwischen den Häusern. Die Gebäude haben ein Flachdach. Die Terrassen zu den Gartenhöfen sind mit einer auskragenden Stahlbetonplatte überdacht. Als kleinen Anbau gibt es einen unbeheizten Abstellraum, welcher von außen zugänglich ist. Die Häuser sind nicht unterkellert.

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.

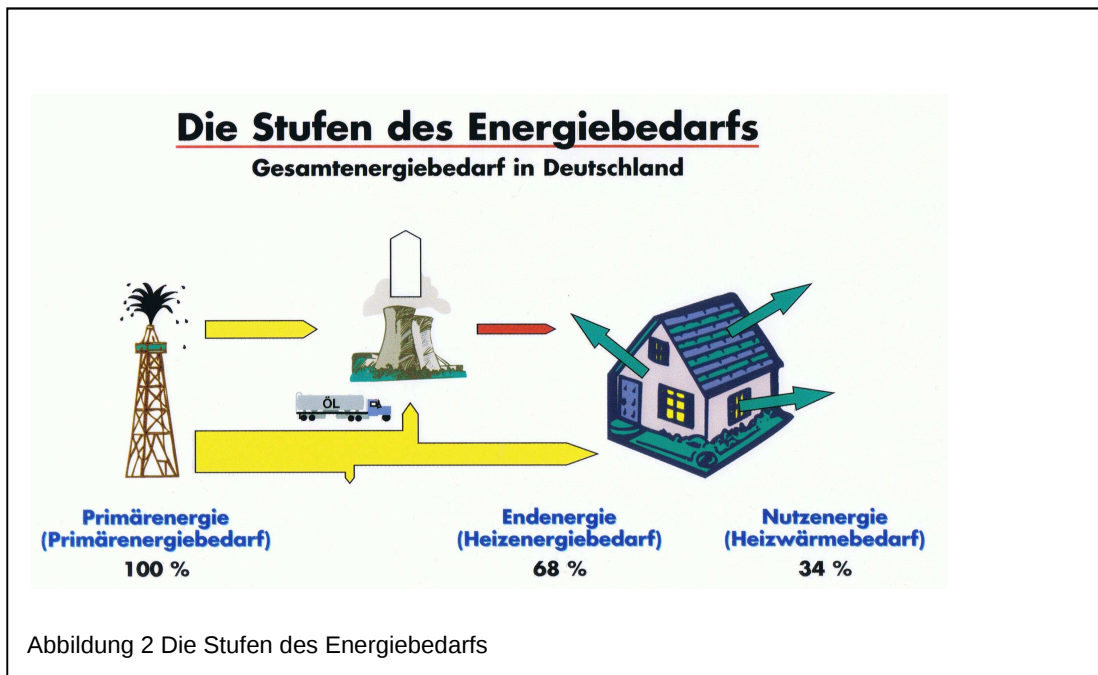
Einflüsse des Nutzerverhaltens sind bei diesem Verfahren weitgehend ausgeklammert. Dies erlaubt eine Beurteilung der reinen Bausubstanz sowie der Anlagentechnik. Da von einem "Normnutzerverhalten" ausgegangen wird, lässt der Vergleich des theoretisch berechneten Energiebedarfs und des tatsächlich in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

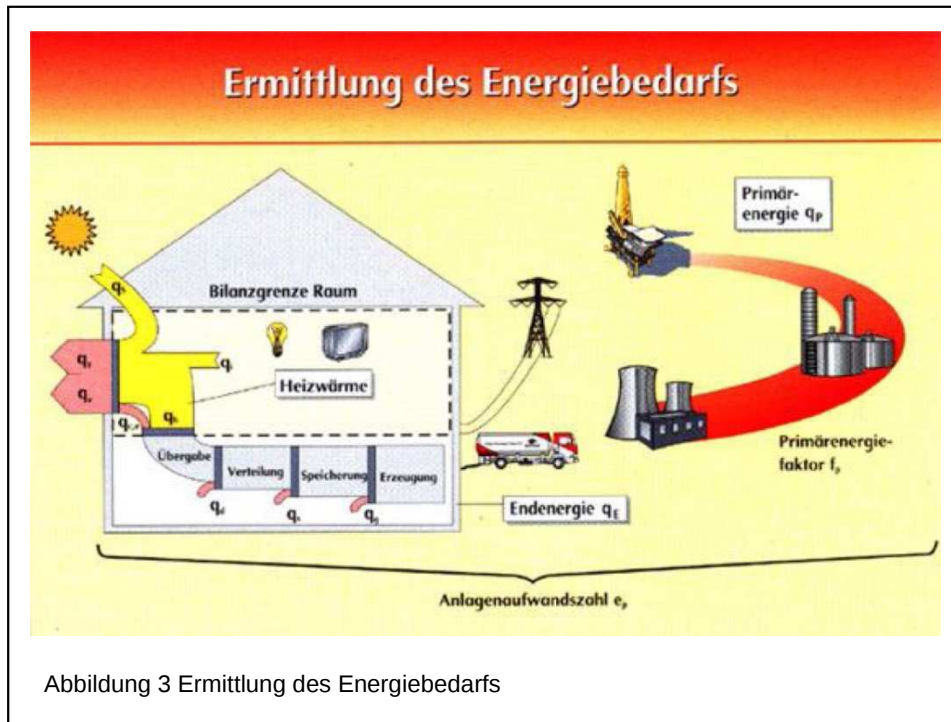


Abbildung 3 Ermittlung des Energiebedarfs

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 das vorliegende Modernisierungskonzept für die Kettenhäuser 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 untersucht. Abschließend wurde eine Sanierung zu einem KfW-Effizienzhaus 85 berechnet. Diese untersuchte Variante entspricht auch den Anforderungen 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.

4.1 Objektbeschreibung

Zur Erfassung des Gebäudezustandes der Kettenhäuser (Atriumhäuser) am Illerweg und am Lechweg wurden zwei Häuser im Illerweg und ein Haus im Lechweg in einer Vor-Ort Begehung begutachtet.

Die begutachteten Häuser sind von den Eigentümern selbstgenutzt. Einige Häuser sind bereits teilsaniert, der Allgemeinzustand der Häuser ist gut, der Instandhaltungsstau eher gering. Der energetische Zustand ist der Bauzeit entsprechend stark optimierbar, wobei sich das zweischalige Mauerwerk mit einer Innenschale aus Porotonstein mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,38 \text{ W/mK}$ positiv auf die energetische Bilanz der Häuser auswirkt.

Die Heizung und Warmwasserbereitung erfolgt in allen Häusern zentral über Gasheizungen. Die begutachteten Häuser verfügten über Gasbrennwertthermen aus den Jahren 2001 - 2005. Einige Häuser besitzen zusätzlich noch einen offenen Kamin.

4.2 Bestandsfotos



Abbildung 4 Kettenhaus Straßenansicht



Abbildung 5 Kettenhaus Gartenansicht

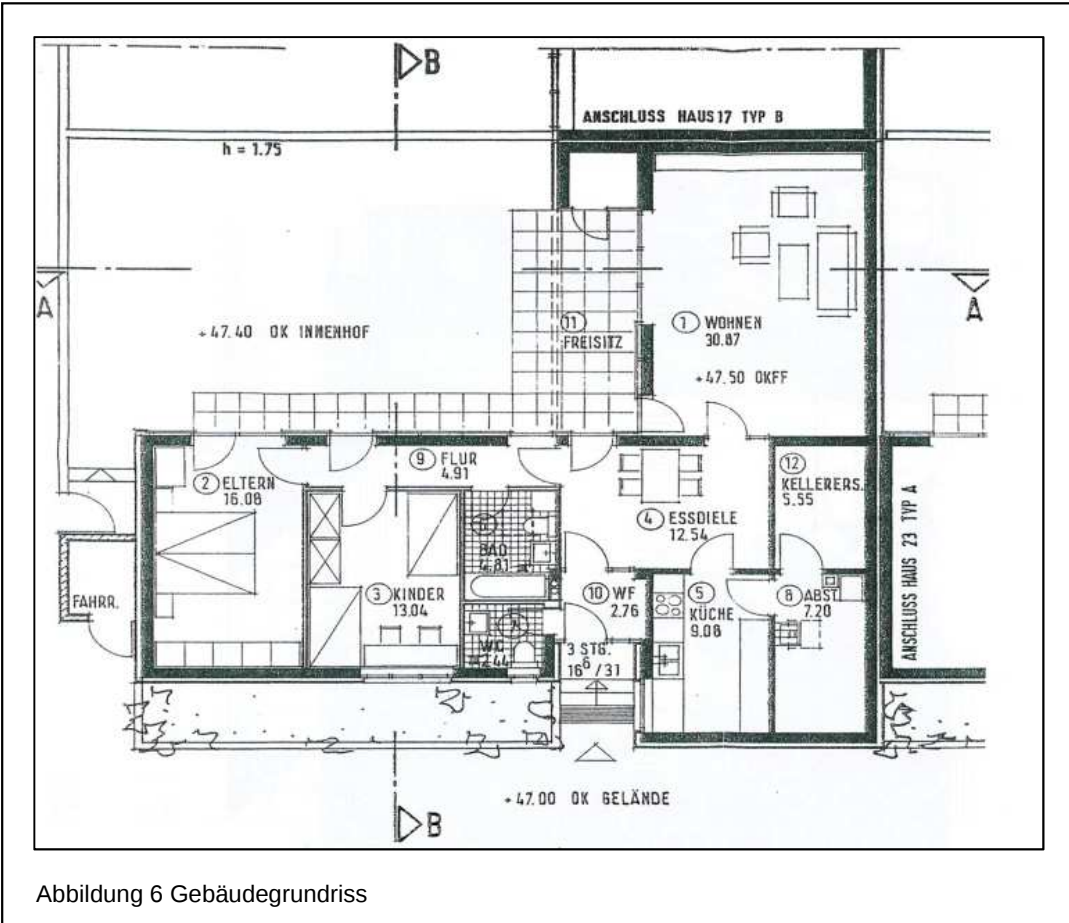


Abbildung 6 Gebäudegrundriss

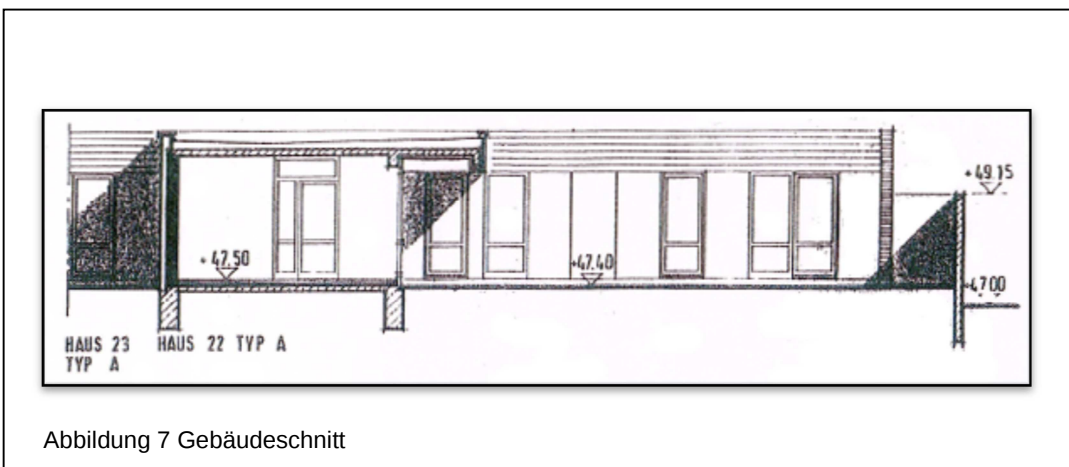


Abbildung 7 Gebäudeschnitt

4.3 Allgemeine Daten

Haustyp	Wohngebäude
Standort	24146 Kiel
Straße	Illerweg, Lechweg
Gemarkung	Kiel-Elmschenhagen
Baujahr	1977
Bezugsfläche A_n	147 m ²
Beheizte Volumen	407 m ³
Hüllfläche	429 m ²
Lüftung	Natürliche Lüftung
A / Ve Verhältnis	1,05 1/m
Wärmebrücken	pauschal

Tabelle 1 Übersicht der allgemeinen Daten

Die Bezugsfläche A_n wird aus dem Gebäudevolumen hergeleitet. Sie kann im Einzelfall erheblich von der tatsächlichen Wohnfläche abweichen.

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

4.4 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	-12,0 °C
Innentemperatur	19,0 °C
mittlere Gradtagszahl	3.158,0 d °C/a

Tabelle 2 Klimadaten

4.5 Grundannahmen zur Berechnung - Bauteile des Gebäudes

Bei einem Großteil der Gebäude wurden die Fenster bereits erneuert. Für den Ist-Zustand wurde daher ein Gebäude angesetzt mit Fenstern aus den Jahren um 2006 mit einem U_w -Wert von $1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Da die Heizungsanlagen ebenfalls bei einer Vielzahl der Kettenhäuser erneuert wurden, wurde für den Ist-Zustand des Mustersanierungskonzeptes eine verbesserte Gas-Brennwerttherme aus den Jahren um 2003 für die Berechnung angesetzt. Ansonsten wurde der Ursprungszustand aus der Bauzeit für die Berechnung zugrunde gelegt. Der Abstellraum auf der Hofinnenseite wurde bei der Betrachtung der Gebäude in die Wärmedämmung der Hülle mit einbezogen.

Für den Ist-Zustand der Heizung wurde folgende Brennwerttherme angesetzt: Gas-Brennwerttherme Typ Junkers CerasmartModul ZBS 3-16 MR A21/23

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	Einbauzustand	Zusatz	U-Wert	max. U-Wert (EnEV)	max. U-Wert (KfW)	Fläche m ²	F _{xi}	H' _T	Konstruktion
				W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)			W/K	
1	Wand	Außenluft	Süd	0,581	0,24	0,20	40,20	1,00	23,36	Außenwand
2	Tür, Süd	Außenluft		3,100	2,90	1,30	3,38	1,00	10,48	Holz Tür, Geräteschuppen
3	Fenster, Süd	Außenluft		1,800	1,30	0,95	3,09	1,00	5,56	Kunststofffenster Süd
4	Tür, Süd	Außenluft		2,800	2,90	1,30	3,65	1,00	10,22	Haustür Süd
5	Wand, hinterlüftet	Außenluft	Nord	1,100	0,24	0,20	18,17	1,00	19,99	Außenwand Nord
6	Fenster, Nord	Außenluft		1,800	1,30	0,95	11,87	1,00	21,37	Kunststofffenster
7	Wand, hinterlüftet	Außenluft	West	1,100	0,24	0,20	27,83	1,00	30,61	Außenwand West

P.	Bauteil	Einbauzustand	Zusatz	U-Wert	max. U-Wert (EnEV)	max. U-Wert (KfW)	Fläche m ²	Fxi	H _T	Konstruktion
				W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)			W/K	
8	Fenster, West	Außenluft		1,800	1,30	0,95	11,32	1,00	20,38	Kunststofffenster West
9	Wand	Außenluft	Ost	0,581	0,24	0,20	26,08	1,00	15,15	Außenwand Ost
10	Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte		0,758	0,30	0,25	141,65	0,60	64,42	Sohle gegen Erdreich
11	Dach	Außenluft		0,355	0,20	0,14	140,64	1,00	49,93	Flachdach
12	Fenster, ohne Ausrichtung	Außenluft	Lichtkuppel	5,200	1,30	0,95	1,08	1,00	5,62	Einfachglas_Fenster

Tabelle 3 Übersicht der wärmeübertragenden Flächen

4.5.1 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 in der 1980er Jahren ein 3 cm starkes Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit Polystyrol und einem Mineralischen Putz aufgetragen. Dieses WDVS ist heute noch auf den Häusern vorhanden und hat auch das Mauerwerk bis heute vor dem Eindringen von Feuchtigkeit geschützt. Die Fassaden zum Gartenhof bestehen aus einem Porotonstein mit einer Vorhangfassade aus Eternitplatten. Die Platten sind zu Teilen noch aus der Bauzeit und asbestbelastet.

4.5.2 Dächer

Die Dächer bestehen aus einer Stahlbetondecke mit Gefälledämmung von im Mittel 10 cm und mit einem Gefälle zu den innenliegenden Entwässerungen. Die Abdichtung erfolgte mit einer mehrlagigen Bitumenbahn. Bei einigen Dächern scheint das Gefälle nicht ausreichend, so dass der Regenwasserablauf zu den Abläufen nicht gewährleistet ist und in Teilen hierdurch Feuchteschäden im Dach entstehen. Die Anschlüsse zu den Oberlichtern in den Flachdächern sind ebenfalls in Teilen undicht.

4.5.3 Sohle

Die Sohle der Gebäude besteht aus einer Stahlbetonsohle mit Abdichtung und einem Schwimmenden Estrich mit 4 cm Dämmung und 4 cm Zementestrich. Die Sohle ist in einem guten Zustand. Von Feuchteschäden ist nichts bekannt.

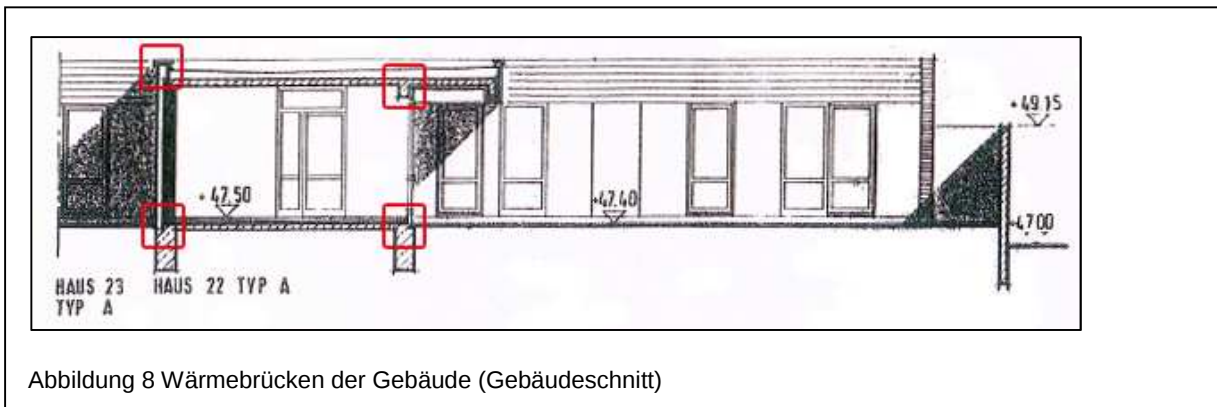
4.5.4 Fenster

Die Fenster waren ursprünglich isolierverglaste Holzfenster, welche aber in allen begutachteten Häusern in den Jahren 2005 - 2007 gegen verbesserte isolierverglaste Kunststoff- bzw. Holzfenster ausgetauscht wurden. Die U-Werte der Verglasung lagen der Einbauzeit entsprechend zwischen 1,1 W/(m²K) und 1,3 W/(m²K).

4.6 Wärmebrücken

Bei den Gebäuden sind entsprechend der Bauzeit große Wärmebrücken vorhanden. Die Stahlbetonaufkantung der Attika der Dächer sind komplett ungedämmt. Die auskragenden Stahlbetondächer auf den Hofinnenseiten über den Terrassen sind unterseitig komplett ungedämmt.

Einige Häuser wurden mit einem Wärmedämmverbundsystem mit einer Dämmstärke ab 10 cm Dämmung versehen. Bei einem der begutachteten Gebäude wurde im Bereich der Attika die alte Vorhangfassade belassen, so dass hier die Wärmebrücke durch die Betonattika und die Stahlbetondecke des Daches noch vergrößert wurde. Die Fensterrahmen sind hier zu gering überdämmt, so dass Wärmebrücken im Bereich der Fensteranschlüsse entstehen.



4.7 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.

4.8 Beschreibung der Heizungs- und Warmwasseranlage

Die Heizung und Warmwasserbereitung erfolgt in allen Häusern zentral über Gasheizungen. In den begutachteten Häusern wurden in den Jahren 2001 - 2005 die alten Gasheizungen gegen neue Gasbrennwertthermen ausgetauscht. Die Leitungen waren in Teilen ungedämmt. Die Heizungen befinden sich innerhalb der Gebäudehülle in einem Technik- und Abstellraum. Einige Häuser besitzen zusätzlich noch einen offenen Kamin.

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

Heizleitungen haben alle einen zu schmal dimensionierten Querschnitt. Ein hydraulischer Abgleich wurde nicht durchgeführt.

Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral über die Brennwertthermen der Heizung. In den Thermen ist ein Warmwasserspeicher integriert.

4.8.1 Heizungsanlage 1

Erzeuger

Nutzfläche A_n :	147,20 m ²
Baujahr:	2003
Leistung:	13,800 kW
Wärmeerzeugertyp:	Gas-Brennwertkessel, im beh. Bereich
Kombibetrieb(auch WW):	ja
Brennstoffart:	Erdgas
Primärenergiefaktor:	1,10
Aufwandszahl:	1,036
Hilfsenergiebedarf:	2,020 kWh/(m ² a)
mittlere Heizkreistemp.:	45,40 °C
mittlere Heizkreistemp.:	49,35 °C
Bereitschaftsverluste bei 70°:	1,48 %
Bereitschaftsverluste:	0,755 %
30 % Teillast Wirkungsgrad:	99,10 %
Kesselwirkungsgrad:	101,30 %

Speicherung

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

Verteilung

horizontale Verteilung:	keine horizontale Verteilung
Strangleitung:	keine Strangleitung
Anbindeleitung:	innerhalb / mäßig gedämmt
spezif. Wärmebedarf:	4,61 kWh/(m ² a)
Hilfsenergiebedarf:	1,70 kWh/(m ² a)

Übergabe

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

Länge	fa	U-Wert
0,00	0,00	0,00 W/(m ² K)
0,00	0,00	0,00 W/(m ² K)
81,00 m	0,10	0,60 W/(m ² K)

Tabelle 4 Angaben zur Verteilung

4.8.2 Warmwasseranlage 1

Erzeuger

Nutzfläche A_n :	147,20 m ²
Baujahr :	2003
Leistung:	13,80 kW
Wärmeerzeugertyp:	Gas-Brennwertkessel
Brennstoffart:	Erdgas
Primärenergiefaktor:	1,10
Aufwandszahl:	1,115
Hilfsenergiebedarf:	0,30 kWh/(m ² a)
mittlere Kesseltemp.:	35,29 °C
Bereitschaftsverluste bei 70°:	1,48 %
Bereitschaftsverluste:	0,45 %
Kesselwirkungsgrad:	93,14 %

Speicherung

Speichertyp:	indirekt beheizter Speicher, Aufstellung im unbeheizten Bereich
Speicher-Nenninhalt:	83,00 l
Bereitschaftsverluste:	6,261 kWh/d
spezif. Wärmebedarf:	10,42 kWh/(m ² a)
Hilfsenergiebedarf:	0,00 kWh/(m ² a)
Heizwärmegutschrift:	6,28 kWh/(m ² a)

Verteilung mit Zirkulation

horizontale Verteilung:	keine horizontale Verteilung
Strangleitung:	keine Strangleitung
Stichleitung:	Standardanordnung / mäßig gedämmt
spezif. Wärmebedarf:	3,01 kWh/(m ² a)
Hilfsenergiebedarf:	0,83 kWh/(m ² a)
Heizwärmegutschrift:	1,92 kWh/(m ² a)

Länge	fa	U-Wert
0,00 m	0,00	0,00 W/(m ² K)
0,00 m	0,00	0,00 W/(m ² K)
11,00 m	0,10	0,40 W/(m ² K)

Tabelle 5 Angaben zur Verteilung

5 Energiebilanz des bestehenden Gebäudes

Der Gebäudetyp hat einen spezifischen Heizwärmebedarf von ca. 150 kWh/(m²a).

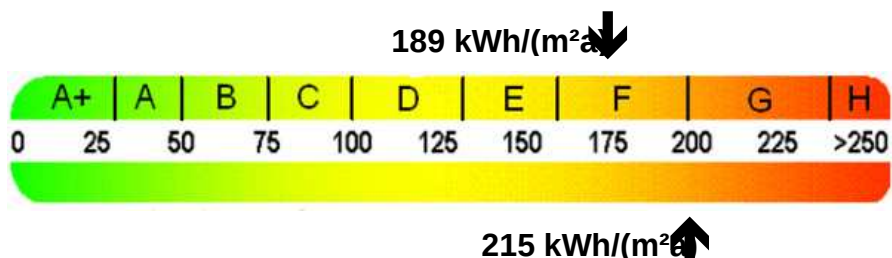
Ein vergleichbares Gebäude nach Energieeinsparverordnung gebaut hätte einen Heizwärmebedarf von ca. 50 kWh/(m²a). Der spezifische Endenergiebedarf - incl. Warmwassererwärmung und Verlusten des Heizungssystems - beträgt 189,45 kWh/(m²a).

Der spezifische Primärenergiebedarf berücksichtigt zusätzlich die Verluste, die durch vorgelagerte Prozesse wie z. B. Energieerzeugung bzw. -umwandlung entstehen. Dieser Kennwert liegt bei 214,70 kWh/(m²a).

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

Endenergiebedarf



Primärenergiebedarf

	Referenz- gebäude *	Ihr Gebäude vor Sanierung	Abweichung vom Referenzgebäude
Primärenergiebedarf Q _P	94,880 kWh/(m ² a)	214,700 kWh/(m ² a)	226 %
Transmissionswärmeverlust H' _T	0,370 W/(m ² K)	0,750 W/(m ² K)	199 %

Tabelle 6 Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV

* das Referenzgebäude beschreibt den Neubaustandard nach EnEV

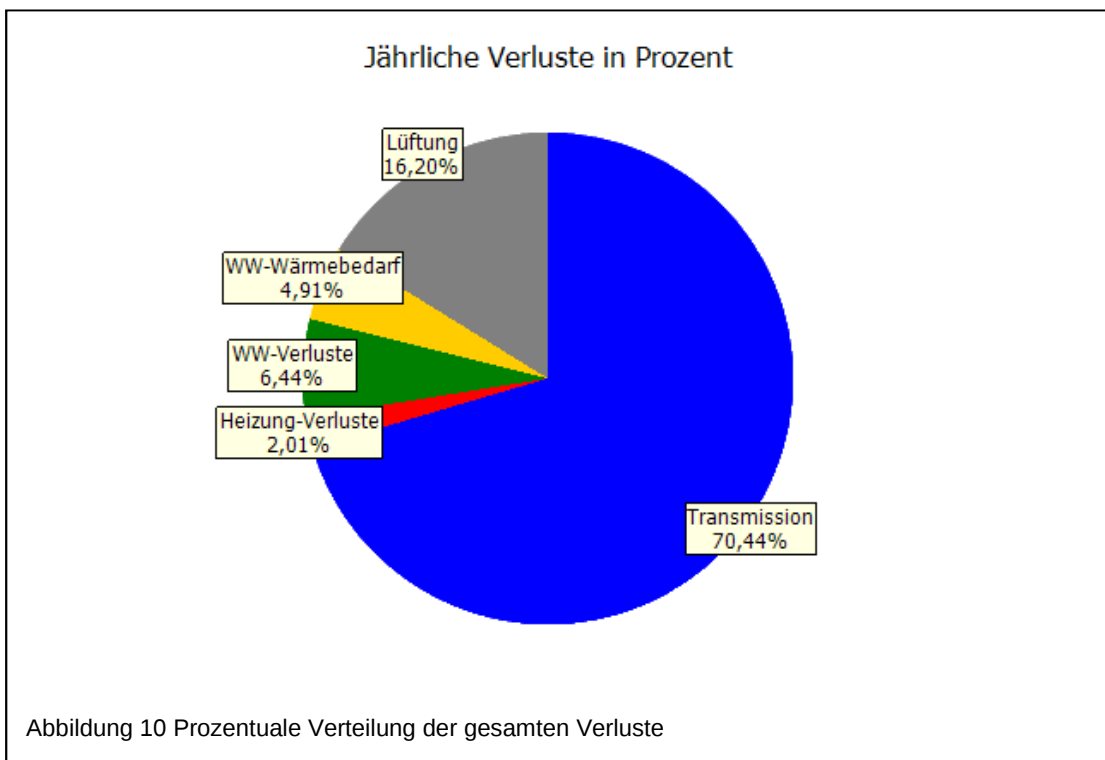
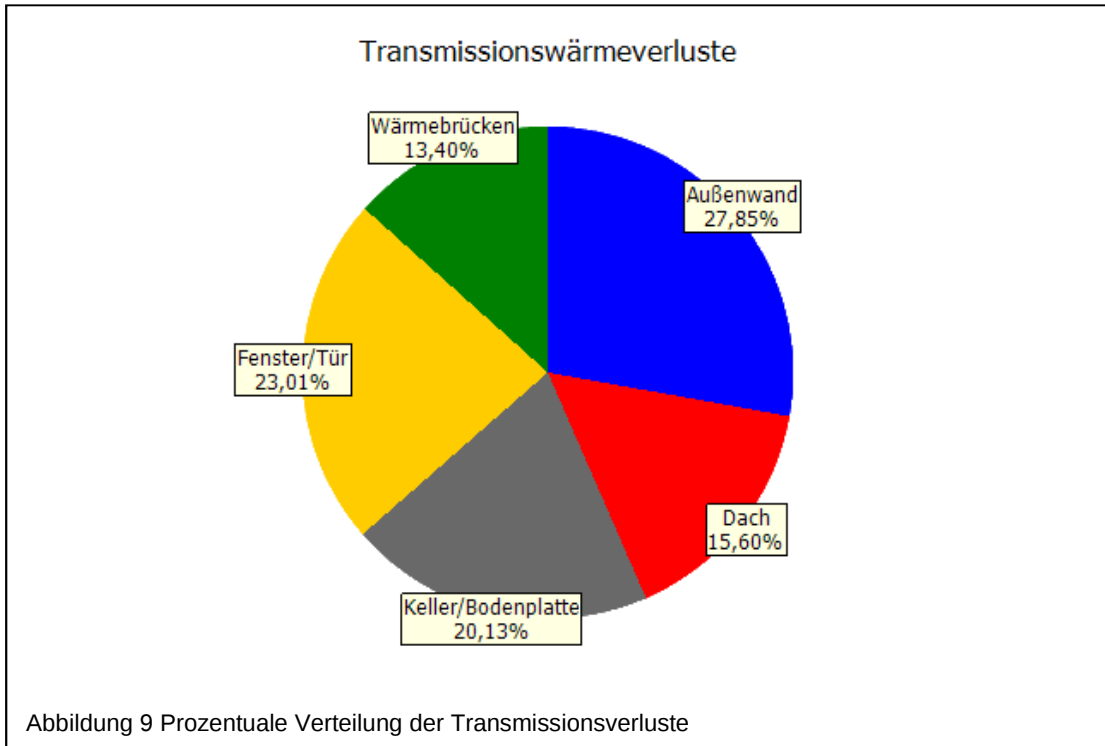
5.2 Energiebedarf

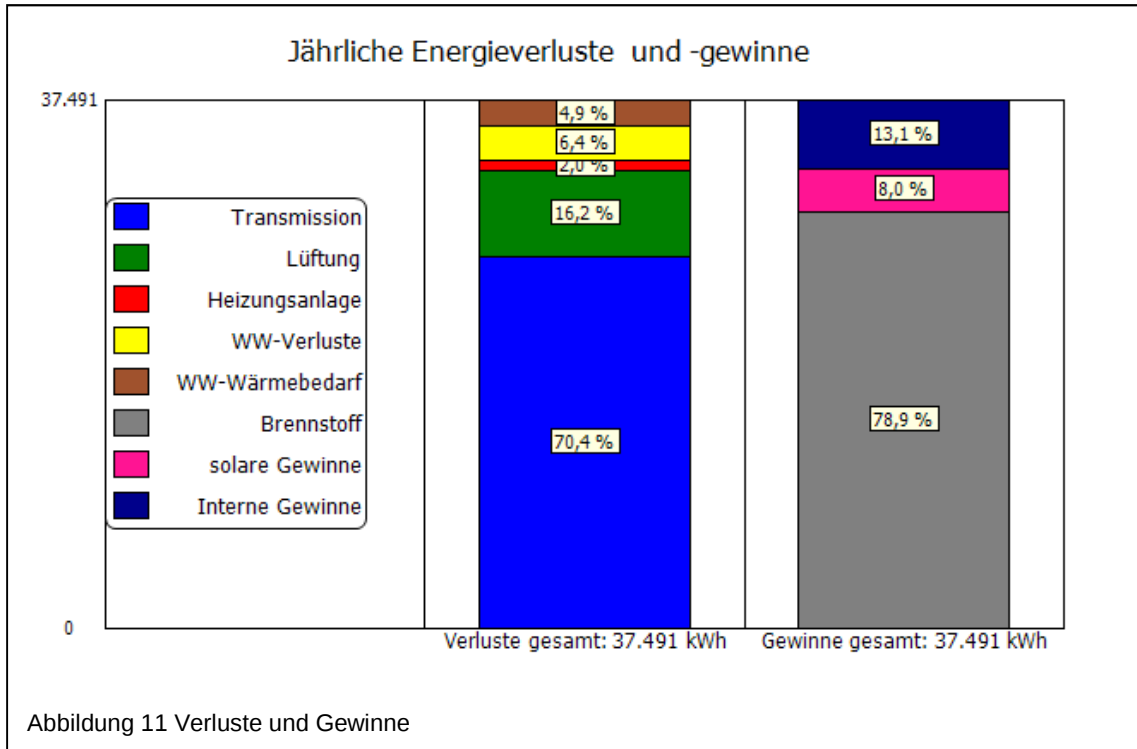
Im Folgenden werden alle Energieverluste und Gewinne des Gebäudes dargestellt.

Transmissionsverluste	26.406,16 kWh/a
Lüftungsverluste	6.075,44 kWh/a
Heizungsverluste	753,68 kWh/a
Warmwasser Nutzwärmebedarf	1.840,00 kWh/a
Warmwassererwärmung Verluste	2.415,84 kWh/a
Summe Verluste	37.491,12 kWh/a
solare Gewinne	2.986,78 kWh/a
interne Gewinne	4.916,11 kWh/a
Nachtabsenkung	2.414,53 kWh/a
zugeführte Heizenergie	22.917,87 kWh/a
zugeführte Energie Warmwassererwärmung	4.255,84 kWh/a
Summe Gewinne	37.491,12 kWh/a

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

Im Folgenden eine Übersicht über die Energieverbrauchswerte:

Energieträger	Zeitraum		Energieverbrauch kWh	Anteil Warmw. kWh	Klimafaktor [-]	Energiekosten EUR
	von	bis				
Erdgas	Okt 12	Okt 13	14.217,00	960,00	0,91	1.358,93

Tabelle 8 Energieverbrauchswerte

Für das beispielhaft berechnete Gebäude lag nur der Verbrauchswert aus einer Abrechnungsperiode vor.

Der vorhandene gemittelte Energieverbrauch für ein Jahr beträgt 13.027,20 kWh/a für die Raumheizung mit Warmwasserbereitung.

Der theoretisch ermittelte Energiebedarf beträgt 27.173,71 kWh/a für die Raumheizung mit Warmwasserbereitung.

Die Differenz zwischen dem theoretisch ermittelten Energiebedarf und dem vorhanden Energieverbrauch ergibt sich daraus, dass nur eine Abrechnung aus einer Heizperiode vorlag. Zusätzlich wurde das Haus von weniger Personen genutzt als theoretisch angenommen. Bei den Häusern liegen die Haustechnikräume und Abstellräume innerhalb der beheizten Hülle, werden aber in der Praxis in der Regel von den Bewohnern nicht beheizt.

6 Varianten

6.1 Übersicht Energie- und Kosteneinsparung

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

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 Mustersanierungskonzepts Fenster aus den Jahren um 2002 mit einem U-Wert $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ angesetzt wurden. Wenn die vorhandenen Fenster in Teilbereichen schlechter sind, verbessert sich hierdurch die Amortisation. Da die Häuser im Bereich der Außenwand mit einer Dämmung von 3 cm und im Bereich der Dächer bereits mit einer Dämmung von 10 cm versehen sind, sind hier die Amortisationszeiten eher lang.

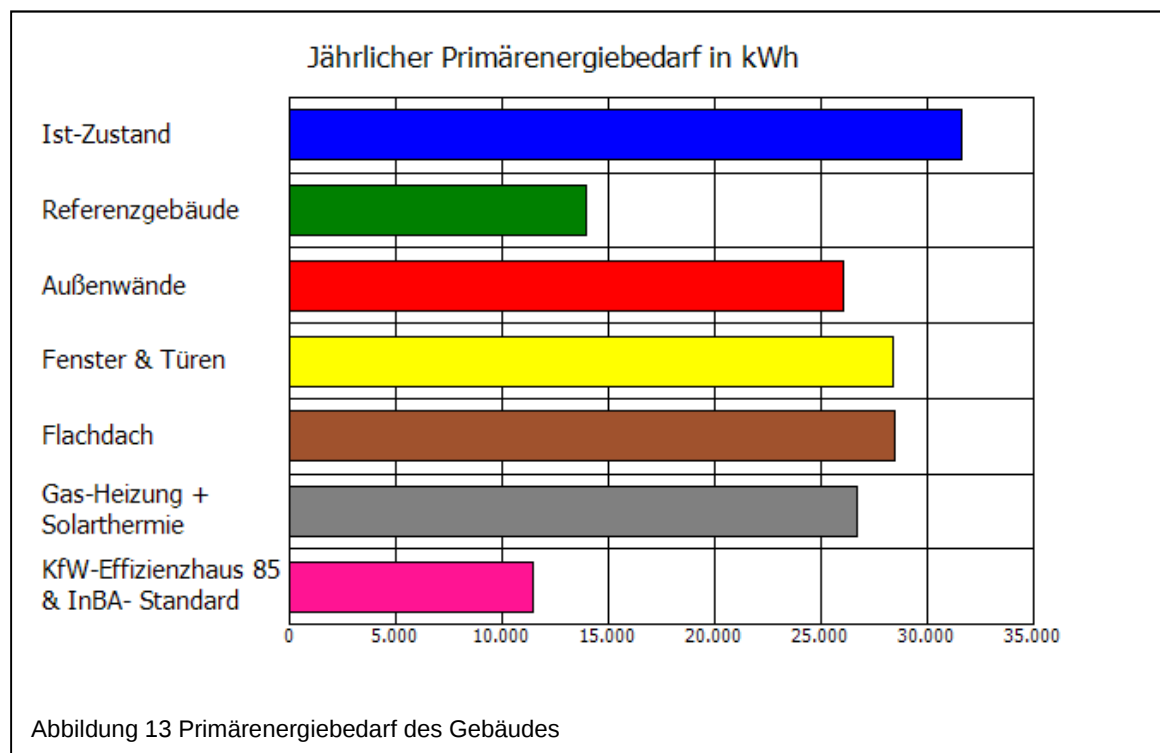
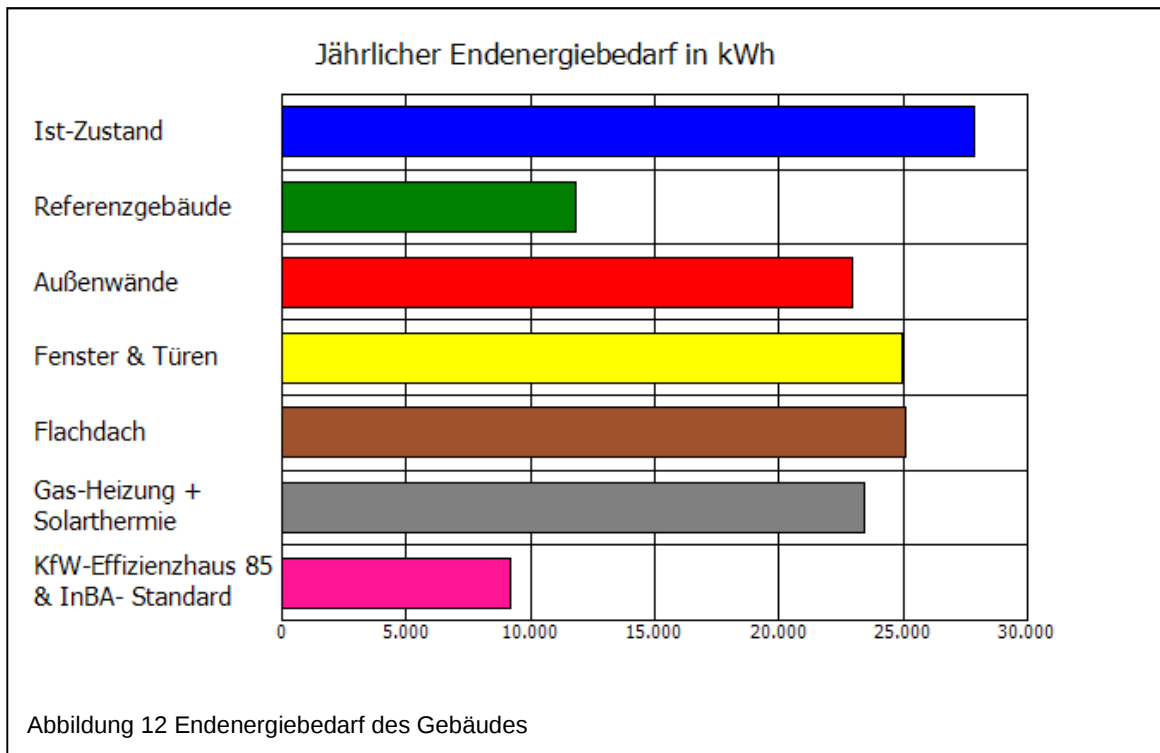
Bei der Kostenaufstellung ist zu beachten, dass die aufgeführten Kosten die reinen Kosten für die energetischen Maßnahmen darstellen. Ohnehin erforderliche Instandhaltungskosten (z. B. für die Dachdichtung) sowie Kosten für Erdarbeiten, Gerüste etc. wurden nicht berücksichtigt.

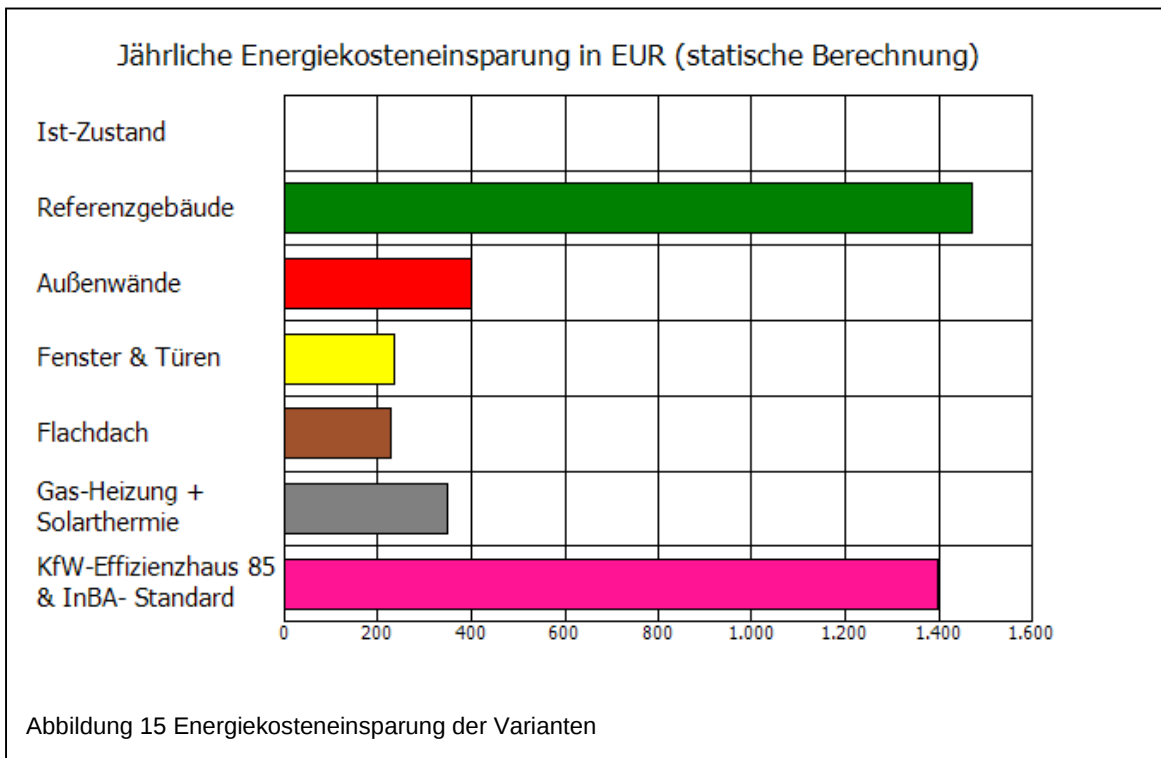
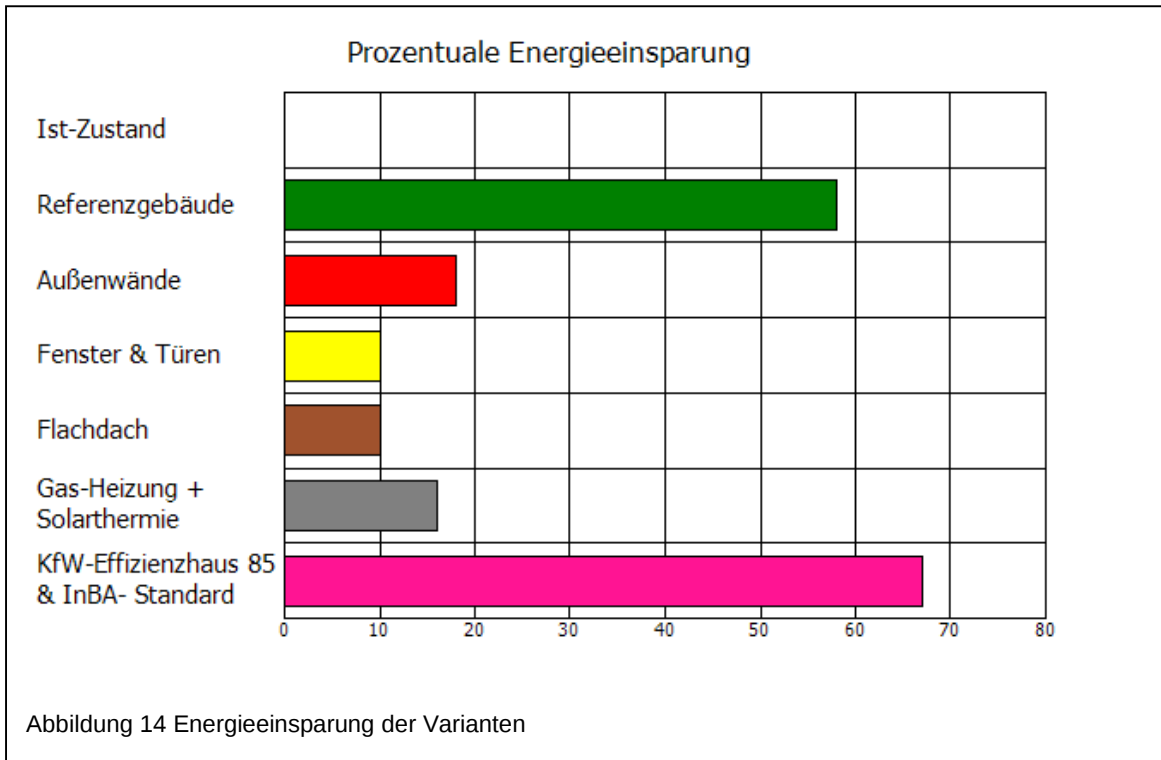
Variante	jährliche Energie- kosten €/a	Investitions- kosten* €	jährlicher End- energie- bedarf kWh/a	jährliche Energie- ein- sparung %	jährliche Energie- kostenein- sparung €	Amorti- sation a
Ist-Zustand	2.569	0	27.888	0	0	0,00
Referenzgebäude	1.096	0	11.795	58	1.473	0,00
Außenwände	2.171	16.469	22.947	18	399	41,30
Fenster & Türen	2.334	12.698	24.979	10	235	54,00
Flachdach	2.342	9.503	25.078	10	227	41,80
Gas-Heizung + Solarthermie	2.221	10.000	23.444	16	348	28,70
KfW-Effizienzhaus 85 & InBA- Standard*	1.170	58.670	9.197	67	1.399	41,90

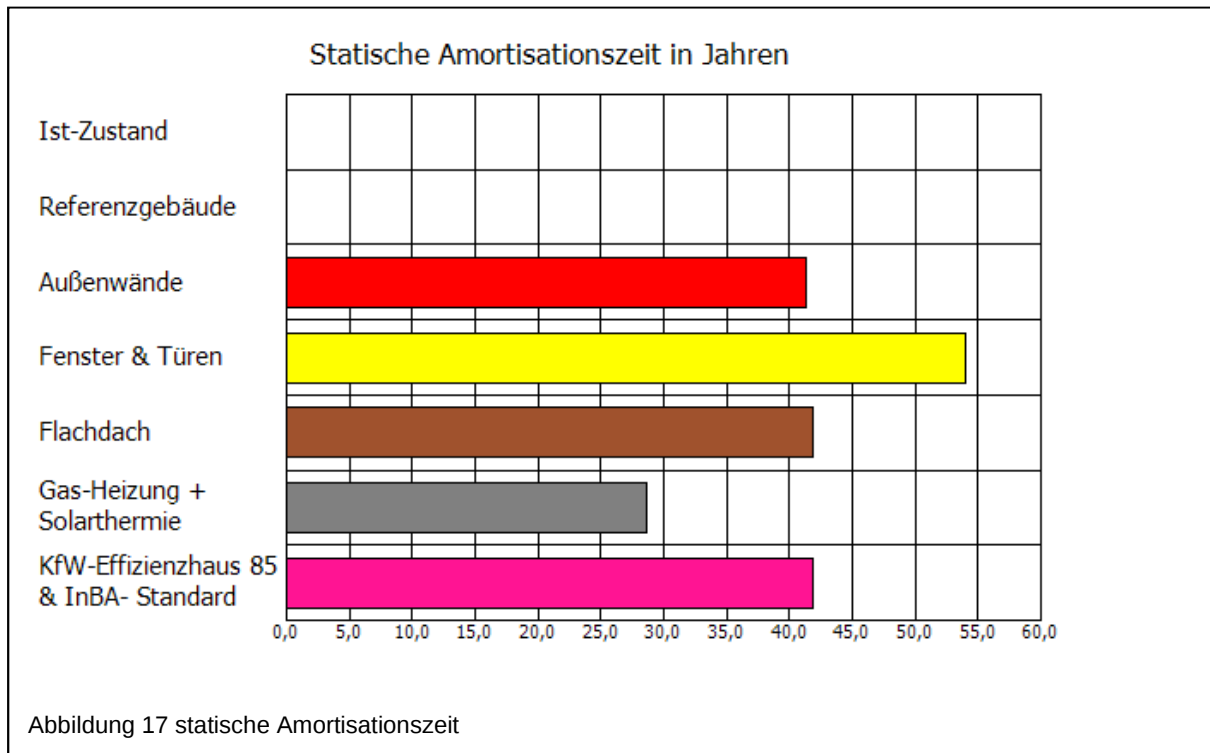
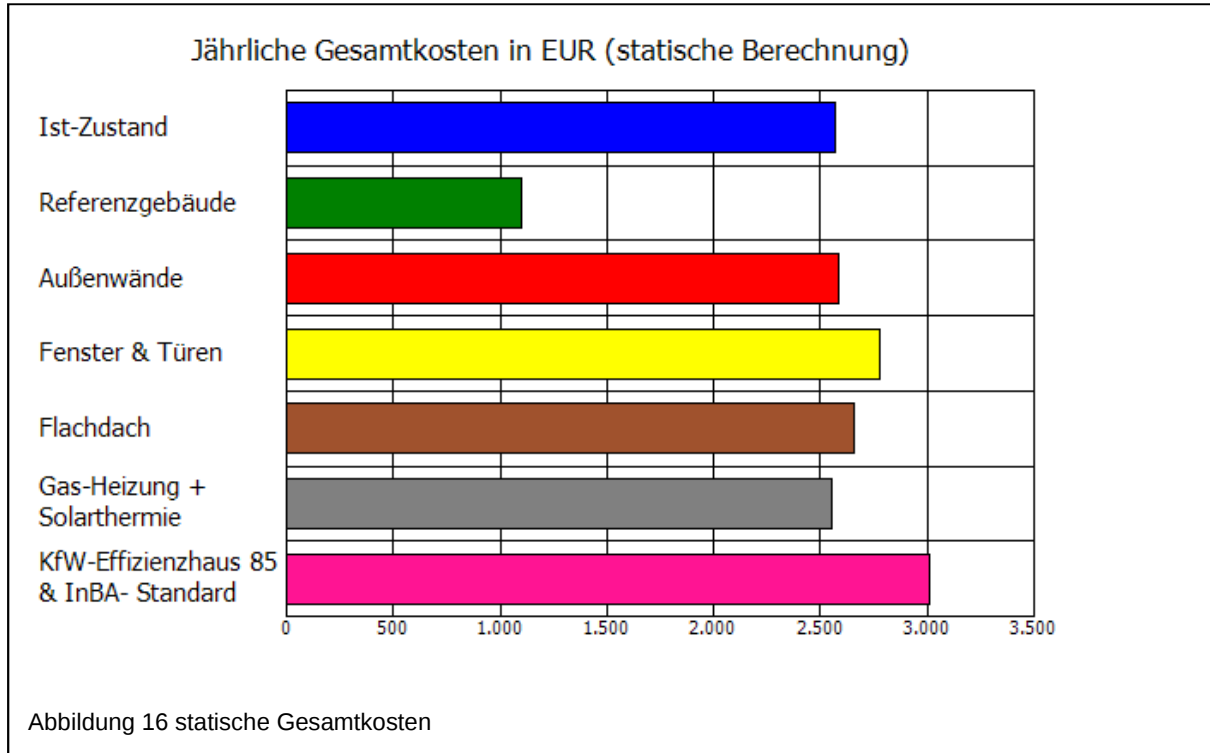
Tabelle 9 Variantenübersicht auf die Bedarfswerte bezogen

* Standards der Innovativen Bauausstellung Kiel 2008

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 Energiepreissteuerung und Zinssatz

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

Energieträger	Grundkosten in EUR/Jahr	Verbrauchskosten EUR/kWh
Erdgas	250,00	0,078
Flüssiggas	0,00	0,07
Heizöl	0,00	0,08
Steinkohle	0,00	0,05
Braunkohle	0,00	0,05
Tagstrom	77,40	0,28
Nachtstrom	77,40	0,19
Fern/Nahw.KWK fossil	0,00	0,07
Fern/Nahw. KWK ern.	0,00	0,09
Fern/Nahw. HW fossil	0,00	0,09
Fern/Nahw. HW ern.	0,00	0,09
Holz	0,00	0,05
Holz-Pellets	0,00	0,06
Sonstiges	0,00	0,00

Tabelle 11 Kosten in EUR

6.4 KfW Förderungsübersicht

	EnEV*	KfW 115	KfW 100	KfW 85	KfW 70	KfW 55
Q _p . zul.	94,88	94,88 * 1,15 = 109,110	94,88 * 1,00 = 94,880	94,88 * 0,85 = 80,650	94,88 * 0,70 = 66,420	94,88 * 0,55 = 52,180
H _T ' zul.	0,374	0,374 * 1,30 = 0,486	0,374 * 1,15 = 0,430	0,374 * 1,00 = 0,374	0,374 * 0,85 = 0,318	0,374 * 0,70 = 0,262

Tabelle 12 Anforderungswerte für die KfW-Effizienzhäuser

* EnEV 2014 , Anlage 1, Tabelle 1

Variantenname	Q _p . * vorh.	H _T '* vorh.	KfW-Haus Klasse
Ist-Zustand	214,700	0,746	KfW-Einzelmaßnahmen
Referenzgebäude	94,880	0,374	KfW-Effizienzhaus 100
Außenwände	177,200	0,586	KfW-Einzelmaßnahmen
Fenster & Türen	192,600	0,659	KfW-Einzelmaßnahmen
Flachdach	193,360	0,661	KfW-Einzelmaßnahmen
Gas-Heizung + Solarthermie	181,420	0,746	KfW-Einzelmaßnahmen
KfW-Effizienzhaus 85 & InBA-Standard	77,590	0,354	KfW-Effizienzhaus 85

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)

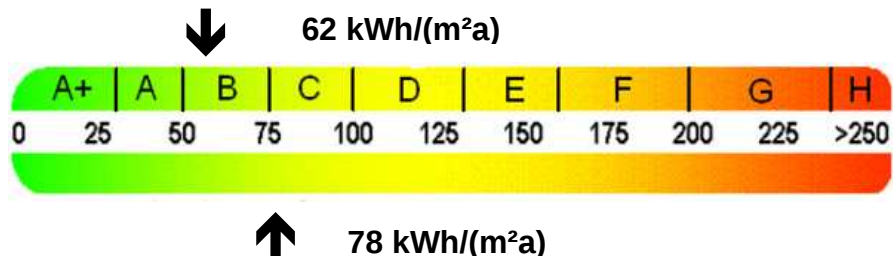
Der Investitionszuschuss darf nur für **Ein- und Zweifamilienhäuser** mit maximal zwei Wohneinheiten beantragt werden oder für eine **Wohnungseigentümergeinschaft**, die aus Privatpersonen besteht.

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 85

	Referenz- gebäude	Ihr Gebäude nach Sanierung	Verhältnis zum Referenz- gebäude ¹	Anfor- derung an KfW-Haus ²
Primärenergiebedarf Q_P in kWh/(m²a)	94,880	77,590	82 %	85 %
Transmissionswärmeverlust H'_T in W/(m²K)	0,374	0,354	95 %	100 %

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
0,00 €	0,00 €	0,00 €	8.800,50 €	0,00 €

Tabelle 17 Förderübersicht (Stand Juni 2015)

Die Maßnahmen, die zu dem o. a. Effizienzhaus führen, sind in dem Kapitel 7 aufgelistet.

Bei einer Komplettsanierung in einem Zug kann mit den von der KfW geforderten Mindestdämmstärken ein KfW-Effizienzhaus 85 erreicht werden. Mit dieser Sanierung würde auch der InBA-Standard erfüllt werden. Für das Erreichen des erforderlichen Primärenergiebedarfs 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. Diese müssen ebenfalls eingehalten werden, wenn Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt 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.

Durch das zu geringe Gefälle der Flachdachabdichtungen gibt es bei vielen Häusern Schäden an den Dachdichtungen. Da hier ohnehin Instandhaltungsmaßnahmen stattfinden müssen, sollten diese mit einer energetischen Sanierung der Dachdämmung kombiniert werden. Hierbei muss auf eine Reduzierung der Wärmebrücken der Betonattika geachtet werden. Im Rahmen der Erneuerung der Dachdichtung sollten auch die Lichtkuppeln ausgetauscht werden.

Teilweise 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.

Da die Dächer und Fassaden bereits eine geringe Dämmung aufweisen, sind die Amortisationszeiten der reinen energetischen Sanierung bei diesen Bauteilen lang und liegen bei ca. 41 Jahren.

Eine kürzere Amortisationszeit 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 ² a)	214,700	94,880	94,880
Transmissionswärmeverlust H'_T in W/(m ² K)	0,746	0,374	0,430

Tabelle 18 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Referenzgebäude

7.1.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Energie

Energiebedarf:	11.795,430 kWh/a
Energieeinsparung:	16.092,200 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	57,70 %
Energiekosten:	1.096,13 €/a
Energiekosteneinsparung:	1.473,31 €/a

7.2 Variante: Außenwände

Beschreibung

Maßnahmen dieser Variante:

- Wand verputzt, Polystyrol-Dämmung 16 cm, Wärmeleitgruppe (WLG) 035, neuer U-Wert: 0,181 W/(m²K)
- Wand hinterlüftet, MiWo Dämmung 18 cm, WLG 032, Verkleidung nach Wahl, neuer U-Wert: 0,186 W/(m²K)

Bei der Sanierung der Außenwände ist zu beachten, dass ein Teil der Außenwände jeweils an die Nachbargrundstücke angrenzt. Da durch das Auftragen der Dämmschicht die Grundstücksgrenze überschritten wird, ist eine Dämmmaßnahme nur in Abstimmung mit den jeweiligen Nachbarn möglich.

Für die Sanierung der Außenwände mit Verblendstein wird das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems auf die Außenwände mit 16 cm Polystyrol-Dämmung mit einer WLG von 035 vorgeschlagen, neuer U-Wert: 0,181 W/(m²K).

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 mind. 50 cm in das Erdreich einbinden. Im Bereich des Erdreiches, bis 30 cm über Gelände, ist eine Perimeterdämmung EPS (Expandierter Polystyrol Hartschaum EPS) 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.

Bei den Außenwänden mit Vorhangfassade wird vorgeschlagen, ein Holzständerwerk aufzubringen und zwischen den Ständern eine Mineralwolle-Dämmung WLG 032 d = 18 cm einzubringen, neuer U-Wert: 0,186 W/(m²K).

Die alte Verkleidung muss entfernt und entsorgt werden (Achtung: Eventuell asbestbelastet). Die Dämmung sollte hier ebenfalls bis zur Attika hochgezogen werden. Der Sockelbereich ist hier wie auf den anderen Gebäudeseite zu behandeln. 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.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf Q_P in kWh/(m ² a)	214,700	177,200	109,110
Transmissionswärmeverlust H'_T in W/(m ² K)	0,746	0,586	0,486

Tabelle 19 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Außenwände

7.2.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	16.469,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	0,00 €
Verbleibende Kosten:	16.469,00 €

Energie

Energiebedarf:	22.947,500 kWh/a
Energieeinsparung:	4.940,130 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	17,71 %
Energiekosten:	2.170,74 €/a
Energiekosteneinsparung:	398,71 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	40,00 a
Stat. Amortisation	41,30 a
Dyn. Amortisation	23,20 a

7.3 Variante: Fenster und Haustüren

Beschreibung

Maßnahmen dieser Variante:

- Austausch der vorhandenen Fenster gegen Fenster mit 3-fach Verglasung, warme Kante, neuer U-Wert: 0,95 W/(m²K)
- Austausch der Türen, neuer U-Wert: 1,3 W/(m²K)

Die Fenster wurden zwar bei vielen Häusern in den letzten Jahren erneuert, es ist jedoch in Betracht zu ziehen, im Rahmen des Aufbringens eines Wärmedämmverbundsystems die Bestandsfenster dennoch gegen Fenster mit Dreifachverglasung und warmer Kante mit einem Gesamtwert des Fensters von $U_w = 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ auszutauschen. Die Fensterrahmen sollten mind. 4 cm überdämmt sein. Wo die Haustüren bereits erneuert wurden, können diese beibehalten werden, ansonsten sollten alte Haustüren gegen Türen mit min. $U_d = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ausgetauscht werden.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf Q_P in kWh/(m ² a)	214,700	192,600	109,110
Transmissionswärmeverlust H'_T in W/(m ² K)	0,746	0,659	0,486

Tabelle 20 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Fenster und Haustür

7.3.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	16.198,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	3.500,00 €
Verbleibende Kosten:	12.698,00 €

Energie

Energiebedarf:	24.978,560 kWh/a
Energieeinsparung:	2.909,070 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	10,43 %
Energiekosten:	2.334,21 €/a
Energiekosteneinsparung:	235,23 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	28,40 a
Stat. Amortisation	54,00 a
Dyn. Amortisation	27,10 a

7.4 Variante: Flachdach

Beschreibung

Maßnahmen dieser Variante:

- Dach Außenluft Flachdachdämmung PUR/PIR WLG 030, Mittlere Dicke 22 cm, neuer U-Wert: 0,129 W/(m²K)
- Fenster, Lichtkuppel, neuer U-Wert: 0,95 W/(m²K)

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 vorgeschlagen. 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 das Dachgefälle dahingehend zu ändern, dass es keine innenliegende Entwässerung mehr gibt, sondern das Dach über neue Dachabläufe nach außen zu entwässern. 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.

Die auskragenden Dächer über der Terrasse sollten zur Vermeidung von Wärmebrücken ebenfalls unterseitig gedämmt werden.

Im Rahmen der Dachsanierung sollten die Oberlichter gegen neue Oberlichter mit einem verbesserten U_w -Wert von $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ getauscht werden.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 115
Primärenergiebedarf Q_P in $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	214,700	193,360	109,110
Transmissionswärmeverlust H'_T in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	0,746	0,661	0,486

Tabelle 21 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Innenwände- und Decken gegen Keller

7.4.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	18.006,40 €
Ohnehin anstehende Kosten:	8.503,20 €
Verbleibende Kosten:	9.503,20 €

Energie

Energiebedarf:	25.078,040 kWh/a
Energieeinsparung:	2.809,590 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	10,07 %
Energiekosten:	2.342,27 €/a
Energiekosteneinsparung:	227,18 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	30,00 a
Stat. Amortisation	41,80 a
Dyn. Amortisation	23,40 a

7.5 Variante: Gas-Heizung + Solarthermie

Beschreibung

Maßnahmen dieser Variante:

- Gas-Brennwerttherme, Pufferspeicher, WW Thermischen Solaranlage, Leitungsdämmung gem. EnEV, hydraulischer Abgleich

In den begutachteten Häusern wurden die alten Heizungen gegen Gasbrennwertthermen ausgetauscht. Falls dieses in einigen Häusern noch nicht geschehen ist, ist dies unbedingt nachzuholen. Zusätzlich wird der Einbau einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung und eines Pufferspeichers empfohlen. Die unverschatteten Flachdächer sind hierfür sehr gut geeignet.

Es müssen alle Leitungen, auch die Kaltwasserleitungen, im warmen Bereich 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 ² a)	214,700	181,420	109,110
Transmissionswärmeverlust H'_T in W/(m ² K)	0,746	0,746	0,486

Tabelle 22 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Dach und Terrassen

7.5.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	15.000,00 €
Ohnehin anstehende Kosten:	5.000,00 €
Verbleibende Kosten:	10.000,00 €

Energie

Energiebedarf:	23.443,650 kWh/a
Energieeinsparung:	4.443,650 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	15,94 %
Energiekosten:	2.221,03 €/a
Energiekosteneinsparung:	348,42 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	30,00 a
Stat. Amortisation	28,70 a
Dyn. Amortisation	18,40 a

7.6 Variante: KfW-Effizienzhaus 85 und InBA-Standard

Beschreibung

Maßnahmen dieser Variante:

Für das Erreichen eines KfW-Effizienzhaus 85 müssen die Maßnahmen aller vorher erläuterten Varianten umgesetzt werden, zusätzlich ist der Einbau einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erforderlich.

Erforderliche Maßnahmen:

- Außenwände
Verputzte Wände-WDVS, Dämmen mit Polystyrolämmung $d = 16$ cm, WLG 032, neuer U-Wert: $0,181$ W/(m²K),
- Vorhangfassade auf Holzständerwerk
zwischen den Ständern Mineralwollämmung WLG 032 18 cm, neuer U-Wert: $0,186$ W/(m²K).
- Fenster
Austausch der Fenster, neue Fenster mit 3-fach Verglasung, U-Wert: $0,95$ W/(m²K)
- Haustür
Austausch der Haustür, neuer U-Wert: $1,3$ W/(m²K) Tür
- Abstellraum
Austausch der Tür, neuer U-Wert: $1,3$ W/(m²K)
- Flachdach
Flachdachdämmung Polystyrol (PUR/PIR) WLG 030, im Mittel 22 cm, neuer U-Wert: $0,074$ W/(m²K) Lichtkuppel saniert, neuer U-Wert: $0,950$ W/(m²K)
- Heizung
Gas-Brennwerttherme, WW-Thermischen Solaranlage, Pufferspeicher, neue Heizkörperventile, Hydraulischer Abgleich, Leitungsdämmung
- Lüftungsanlage
zusätzlich zu den vorgenannten Maßnahmen ist in dieser Variante der Einbau einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) 80 % erforderlich. Hierfür ist ein Luftdichtigkeitstest durchzuführen. Das Ergebnis des Luftdichtigkeitstestes muss mind. $1,5$ 1/h betragen.
- Sohle
wird kein Sanierungsvorschlag erstellt, da hier der Aufwand für das Einbringen einer Dämmung in die Sohle zu hoch ist.

	Ist-Zustand	Variante	KfW 85
Primärenergiebedarf Q_P in kWh/(m ² a)	214,700	77,590	80,650
Transmissionswärmeverlust H'_T in W/(m ² K)	0,746	0,354	0,374

Tabelle 23 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Brennwerttherme Gebäudezentral + WW Solar

7.6.1 Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten:	75.673,40 €
Ohnehin anstehende Kosten:	17.003,20 €
Förderzuschuss:	0,00 €
Verbleibende Kosten:	58.670,20 €

Energie

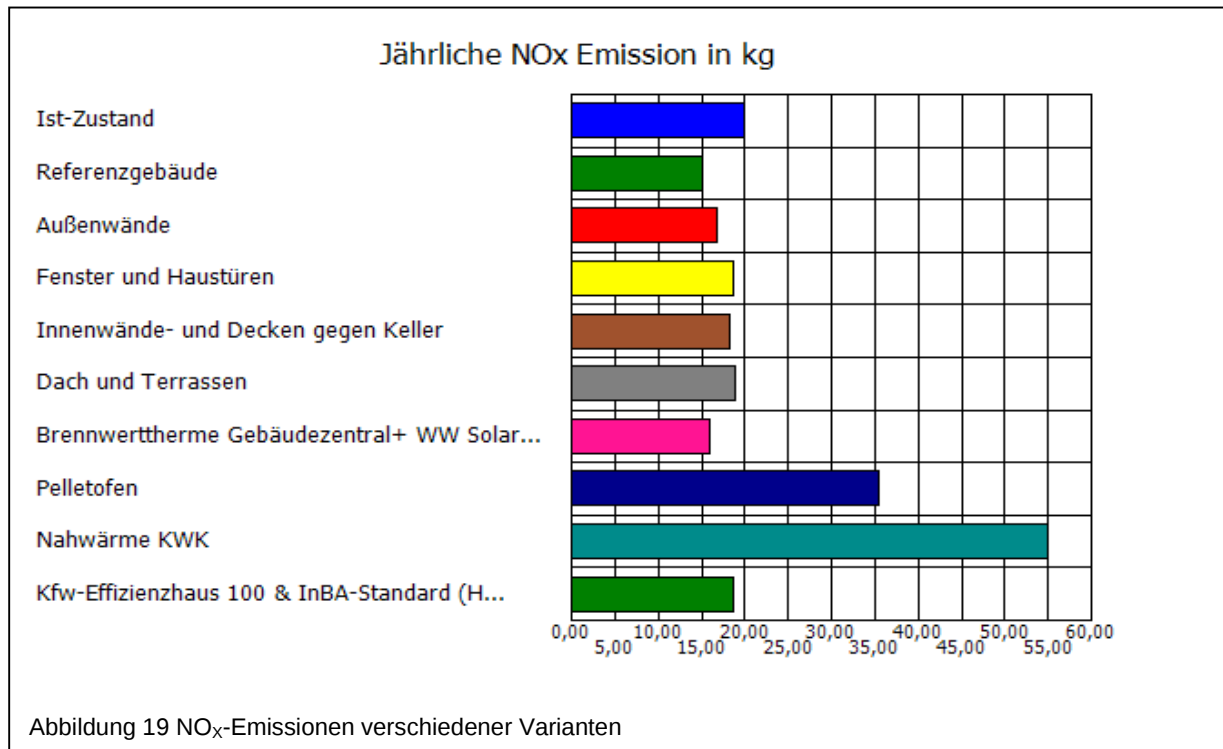
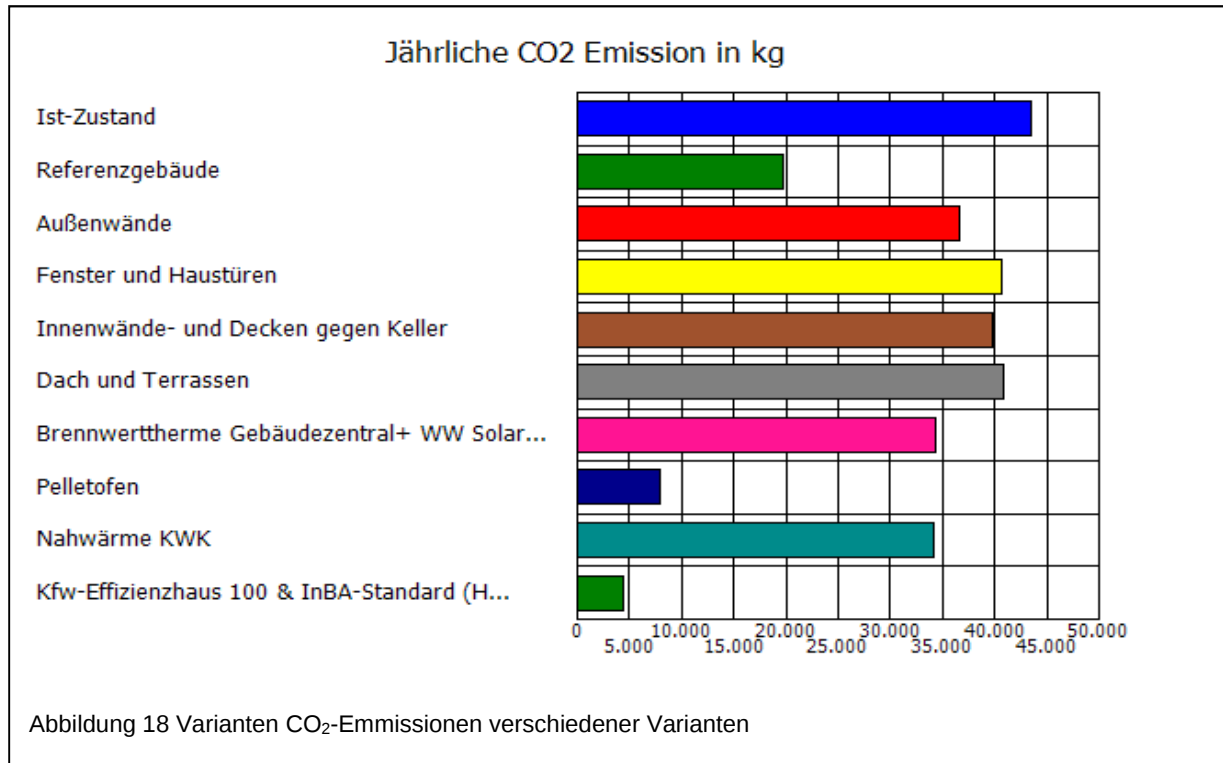
Energiebedarf:	9.197,070 kWh/a
Energieeinsparung:	18.690,560 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	67,02 %
Energiekosten:	1.170,16 €/a
Energiekosteneinsparung:	1.399,29 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer	31,90 a
Stat. Amortisation	41,90 a
Amortisation	23,40 a

8 Schadstoffbilanz

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



Die Kohlendioxid-Emissionen des Ist-Zustandes betragen ca. 7.082,3 kg pro Jahr. Die Kohlendioxid-Emissionen können durch die Modernisierung (Variante Effizienzhaus) auf 2.634,60 kg pro Jahr 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 von auskragenden Bauteilen
Eine typische Wärmebrücke im Altbau sind auskragende Bauteile. Die effektivste aber auch aufwendigste Möglichkeit zur Vermeidung von Wärmeverlusten und Bauschäden ist eine vollständige Dämmung dieser Bauteile. Dies muss sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite erfolgen. Gleichzeitig müssen alle Probleme der Randanschlüsse berücksichtigt werden.
- 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

Im Bereich der Heizkörpernischen ist die Außenwand am dünnsten und wird durch die Strahlungswärme des Heizkörpers am wärmsten. Die hierdurch zusätzlich erhöhten Wärmeverluste können durch eine Dämmung der Nischen reduziert werden. Wenn Heizkörper abgenommen werden müssen, sollten die Nischen dringend 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 Wasser-erwärmung über die Heizzentrale deutlich effizienter und damit kostengünstiger ist als über die Stromheizung der Geräte. Es ist jedoch vorab zu prüfen, ob die Geräte für einen Warmwasseranschluss ausgelegt sind.

Drehzahlgeregelte Umwälzpumpe

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

Abgleich des Rohrnetzes (hydraulischer Abgleich)

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

Dämmung der wärmeführenden Rohrleitungen

Die zu verlegenden Rohrleitungen sollten mindestens entsprechend der Energieeinsparverordnung gedämmt werden. Siehe dazu Tabelle 24.

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

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

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

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

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

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

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 mitgeführte Wärmeverluste (Abgasverluste) und Oberflächenverluste des Heizkessels während des Brennerbetriebs. Diese ergeben zusammen den Kesselwirkungsgrad (Verhältnis von abgegebener Kessel-Nennleistung zum Energieaufwand).

KfW

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

KfW-Effizienzhaus-Standards

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

Lüftungswärmeverlust

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

Luftwechselrate

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

Primärenergiebedarf

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

Referenzgebäude

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

Temperatur-Korrekturfaktor (Fxi)

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 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	13
Tabelle 2 Klimadaten	13
Tabelle 3 Übersicht der wärmeübertragenden Flächen	15 - 16
Tabelle 4 Angaben zur Verteilung	20
Tabelle 5 Angaben zur Verteilung	21
Tabelle 6 Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV	22
Tabelle 7 Energiebilanz des Gebäudes	23
Tabelle 8 Energieverbrauchswerte	26
Tabelle 9 Variantenübersicht auf die Bedarfswerte bezogen	28
Tabelle 10 Energiepreissteuerung und Zinssatz	32
Tabelle 11 Kosten in EUR	32
Tabelle 12 Anforderungswerte für die KfW-Effizienzhäuser	33
Tabelle 13 Förderübersicht der Varianten (Stand Juni 2015)	33
Tabelle 14 Tilgungszuschuss (Kreditvariante) (Stand Juni 2015)	34
Tabelle 15 Direkter Zuschuss (ohne Kredit) (Stand Juni 2015)	34
Tabelle 16 Einstufung der Variante	35
Tabelle 17 Förderübersicht (Stand Juni 2015)	36
Tabelle 18 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Referenzgebäude	38
Tabelle 19 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Außenwände	40
Tabelle 20 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Fenster und Haustür	41
Tabelle 21 Primärenergiebedarf und Transmissionsw. Innenw.- und Decken gegen Keller	43
Tabelle 22 Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverluste Dach und Terrassen	44
Tabelle 23 Primäre. und Transmissionsw. Brennwerttherme Gebäudezentral + WW Solar	47
Tabelle 24 Mindestdämmstärken für Wärmeverteilungen	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 EFH Kettenhäuser	1
Abbildung 2 Die Stufen des Energiebedarfs	8
Abbildung 3 Ermittlung des Energiebedarfs	9
Abbildung 4 Illerweg 29-Eingangsseite	11
Abbildung 5 Illerweg 29-Gartenhofseite	11
Abbildung 6 Gebäudegrundriss	12
Abbildung 7 Gebäudeschnitt	12
Abbildung 8 Wärmebrücken der Gebäude (Gebäudeschnitt)	18
Abbildung 9 prozentuale Verteilung der Transmissionsverluste	24
Abbildung 10 prozentuale Verteilung der gesamten Verluste	24
Abbildung 11 Verlust und Gewinne	25
Abbildung 12 Endenergiebedarf des Gebäudes	29
Abbildung 13 Primärenergiebedarf des Gebäudes	29
Abbildung 14 Energieeinsparung der Varianten	30
Abbildung 15 Energiekosteneinsparung der Varianten	30
Abbildung 16 statische Gesamtkosten	31
Abbildung 17 Statische Amortisationszeit	31
Abbildung 18 Varianten CO ₂ -Emissionen verschiedener Varianten	48
Abbildung 19 NO _x -Emissionen verschiedener Varianten	48