

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Berlin
Schöneberger Str. 15
10963 Berlin

Telefon +49(30)217975 0
Telefax +49(30)217975 35

Dipl.-Ing. (FH) Nicky Schmidt
Telefon +49(30)217975 64
Nicky.Schmidt@mbbm.com

21. November 2013
M106610/05 SCN/SCN

**EBA51 - Neubau Studentendorf
Bauteil 1 „FRANKIE“
Plänterwald, Eichbuschallee 51,
Berlin-Treptow**

**Nachweis nach
Energieeinsparverordnung 2009**

Bericht Nr. M106610/05

Auftraggeber:	Presto 46.Vermögensverwaltung GmbH Neue Kreisstraße 23 14109 Berlin
Architekt:	Holzer Kobler Architekturen Köpenicker Straße 48-49 10179 Berlin
Planung Technische Gebäudeausrüstung	GMW-Ingenieurbüro GmbH Niebuhrstr. 77 10629 Berlin
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. (FH) Nicky Schmidt
Berichtsumfang:	Insgesamt 52 Seiten, davon 13 Seiten Textteil, 11 Seiten Anhang A, 15 Seiten Anhang B und 13 Seiten Anhang C

Zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001
Akkreditiertes Prüflaboratorium nach ISO/IEC 17025

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Berlin
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer: Horst Christian Gass,
Dr. Carl-Christian Hantschk, Stefan Schierer
Dr. Edwin Schorer, Norbert Suritsch

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	3
2	Grundlagen	4
3	Angaben zum Objekt	5
3.1	Bauliche Situation	5
3.2	Thermische Gebäudehülle	5
3.3	Gebäudekenndaten	6
4	Anforderungen	7
4.1	Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2	7
4.2	Anforderungen nach der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)	7
4.3	Anforderungen gemäß KfW-Effizienzhaus 70	7
4.4	Anforderungen gemäß EEWärmeG	8
5	Berechnungsgrundlagen	8
5.1	Bauphysikalische Randbedingungen	8
5.2	Haustechnisches Planungskonzept	9
6	Nachweise	10
6.1	Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2	10
6.2	Nachweis nach der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)	10
6.3	Nachweis KfW-Effizienzhaus 70	11
6.4	Einhaltung des EEWärmeG	12
7	Hinweise und Handlungsbedarf	13

Anhang A	Bauteilaufbauten
Anhang B	Gebäudeberechnung / Bilanzierung nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10
Anhang C	Referenzberechnung

1 Vorbemerkung

Auf Grundlage der Planung von Holzer Kobler Architekturen Berlin GmbH ist in Berlin Treptow-Köpenick der Neubau einer Studentenwohnanlage bestehend aus 3 einzelnen Gebäuden geplant.

An die Bauteile 1 und 3, „FRANKIE“ und „NELLY“, bestehen neben den Erfordernissen durch die Energieeinsparverordnung 2009 erhöhte Anforderungen an die energetische Gebäudequalität. Nach Vorgabe des Bauherren soll hier der Standard eines KfW-Effizienzhauses-70 erreicht werden.

Ziel ist es, auf Grundlage des KfW-Förderprogramms Nr. 153 „Energieeffizient Bauen“ entsprechende Fördermittel zu beantragen. Gemäß den KfW Statuten ist hierfür auf Grundlage einer Nachweisberechnung nach EnEV 2009 ein entsprechender Zielwert für den Jahres-Primärenergiebedarf und die Transmissionswärmeverluste für die zwei Gebäude zu erreichen.

Im vorliegenden Bericht wird für das Bauteil 1, „FRANKIE“, des o. g. Bauvorhaben der Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes und der energiesparenden Anlagentechnik nach der seit dem 01.10.2009 gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) geführt.

Die notwendigen Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz werden für die drei Gebäude im gesonderten Bericht M106610/06 zusammengestellt.

Das Gebäude wird gemäß EnEV § 3 im Monatsbilanzverfahren nachgewiesen. Hierzu werden die standardisierten Berechnungsansätze des öffentlich-rechtlichen Nachweisverfahrens sowie die in DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 angegebenen pauschalen Berechnungsansätze zugrunde gelegt.

2 Grundlagen

Dem vorliegenden Bericht liegen zugrunde:

- [1] Genehmigungsplanung Holzer Kobler Architekturen Berlin GmbH, Maßstab 1:100, Stand 22.05.2013
- [2] Grundlagen Abstimmung Haustechnikplanung mit GMW-Ingenieurbüro GmbH
- [3] Abstimmungen zu Bauteilaufbauten siehe E-Mail Müller-BBM, Herr Pfister vom 29.05.2013
- [4] Planungskonzept Bauphysik und Bauakustik M106610/01, Müller BBM vom 27.05.2013
- [5] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV 2009) in der seit 01.10.2009 gültigen Fassung
- [6] Mitgeltende Normen zur EnEV, insbesondere DIN V 4108-6 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs“, Ausgabe 2003-06 und DIN V 4701-10 „Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung“, Ausgabe 2003-08
- [7] DIN 4108-2 „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“, Ausgabe 2003-07
- [8] Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) in der seit 01.05.2011 gültigen Fassung
- [9] Software Dämmwerk 2013, Fa. KERN ingenieurkonzepte, Version 2013-0808

3 Angaben zum Objekt

3.1 Bauliche Situation

Das vorliegende BV setzt sich aus drei Wohngebäuden zusammen. Alle 3 Gebäude erstrecken sich vom EG bis zum 3.OG. Das Nutzungskonzept sieht in allen Geschossen Studentenwohnungen sowie im Erdgeschoß des Bauteils 2 eine teilweise Sondernutzung vor.

Die Gebäude sollen aus 40-Zoll-Überseefrachtcontainern errichtet werden, welche übereinandergestapelt werden. Das Bauteil 1, „FRANKIE“, umfasst 163 Frachtcontainer, welche 128 Wohneinheiten bilden sollen. Die Container werden aus architektonischen und technologischen Erfordernissen überwiegend mit einer Innendämmung versehen.



Abbildung 1. Lageplan / Bauteil 1 FRANKIE (grün markiert)

3.2 Thermische Gebäudehülle

Gemäß den aktuellen Festlegungen werden alle Gebäudebereiche in die thermische Gebäudehülle einbezogen und auf normale Innentemperaturen beheizt ($\theta_i \geq 19^\circ\text{C}$).

3.3 Gebäudekenndaten

Für das vorliegende Bauvorhaben wurden folgende relevante Bezugsgrößen ermittelt:

- wärmeübertragende Umfassungsfläche:	A	=	5.960 m ²
- beheiztes Gebäudevolumen (brutto):	V_e	=	14.657 m ³
- Gebäudenutzfläche:	A_N	=	4.690 m ²
- Fensterflächenanteil :			ca. 52 %
- A/V_e -Verhältnis:	A/V_e	=	0,406 m ⁻¹

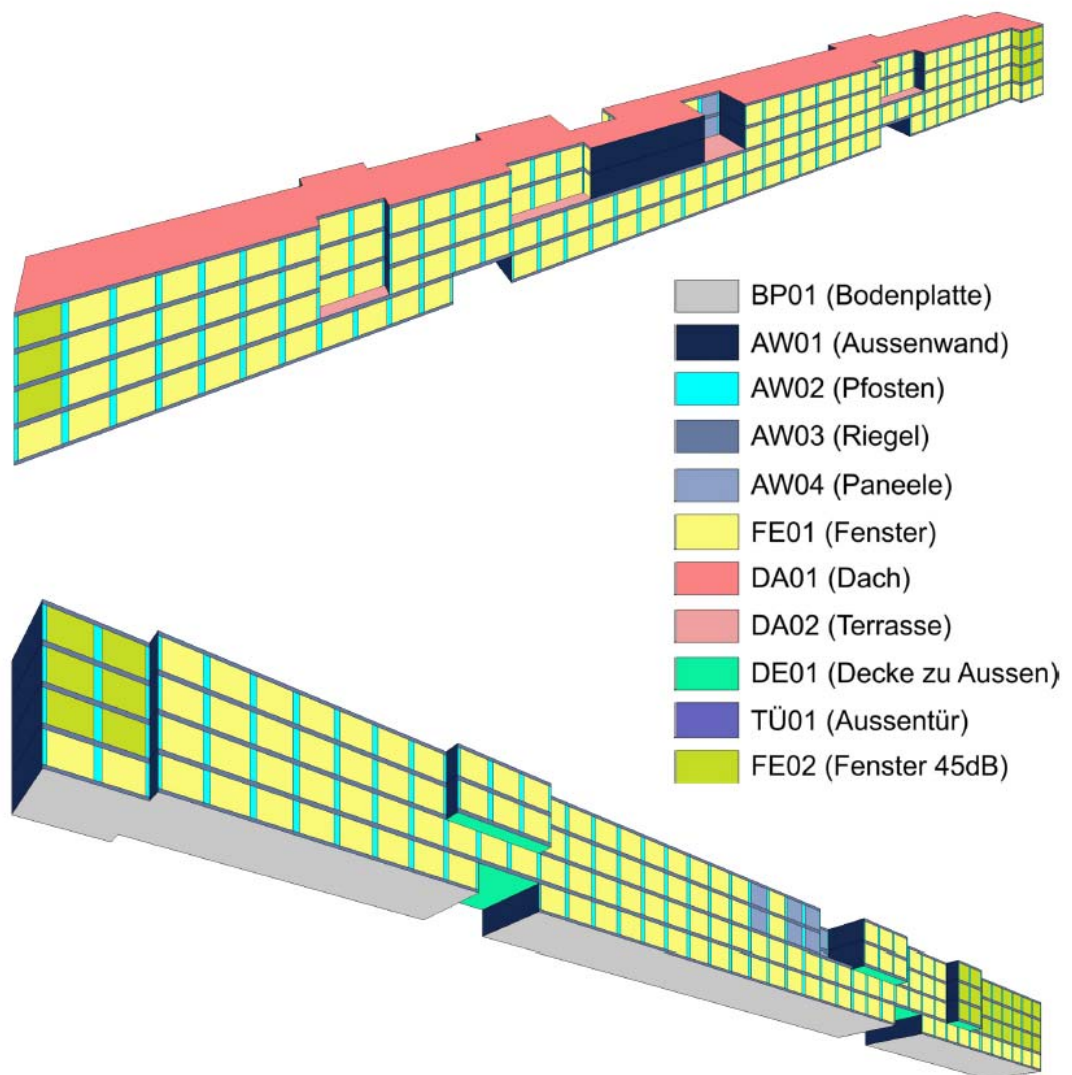


Abbildung 2. 3D Gebäudemodell Bauteil 1 FRANKIE

4 Anforderungen

4.1 Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2

In der DIN 4108-2 werden Mindestanforderungen an den Wärmeschutz von Bauteilen formuliert. Durch diese Anforderungen soll die Baukonstruktion dauerhaft vor Diffusionsfeuchteschäden im Bauteilinneren sowie auf der Bauteiloberfläche geschützt werden. Zusätzlich soll die Wärmeübertragung durch die Bauteile verringert sowie ein hygienisches Raumklima für den Nutzer geschaffen werden.

Ein Nachweis des Mindestwärmeschutzes ist erforderlich für Außenbauteile von Aufenthaltsräumen in Hochbauten, die auf eine Innentemperatur von $\theta_i \geq 12^\circ\text{C}$ beheizt werden. Für diese Bauteile werden in DIN 4108-2 Mindestwerte für die Wärmedurchlasswiderstände festgelegt.

Außen liegende Fenster und Fenstertüren von beheizten Räumen sind mindestens mit Isolier- oder Doppelverglasung auszuführen.

4.2 Anforderungen nach der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)

4.2.1 Jahres-Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverlust

Das vorliegende Gebäude ist entsprechend den Regelungen der EnEV 2009 § 3 nachzuweisen.

Der Jahres-Primärenergiebedarf Q_p für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und ggf. vorhandener Kühlung darf den Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche, Ausrichtung und Nutzung nicht überschreiten. Für das Referenzgebäude sind die Randbedingungen gemäß EnEV Anlage 1 Tabelle 1 zu berücksichtigen (Referenzausführung).

Des Weiteren darf der Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes H'_T nach EnEV Anlage 1 Tabelle 2 nicht überschritten werden.

4.3 Anforderungen gemäß KfW-Effizienzhaus 70

Das vorliegende Gebäude soll mit dem Standard KfW-Effizienzhaus 70 errichtet werden. Gemäß dem Merkblatt „Energieeffizient Bauen“, Programm-Nr. 153 der KfW-Förderbank ist dieser Standard wie folgt definiert.

- Der Jahres-Primärenergiebedarf darf maximal 70 % des errechneten Wertes für das Referenzgebäude nach EnEV 2009 betragen.
- Der Transmissionswärmeverlust H'_T darf 85 % der errechneten Werte für das Referenzgebäude gemäß EnEV 2009 nicht überschreiten.

Gleichzeitig darf der Transmissionswärmeverlust H'_T nicht höher sein als nach EnEV Anlage 1 Tabelle 2 zulässig.

4.4 Anforderungen gemäß EEWärmeG

Das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) ist am 01.01.2009 in Kraft getreten und ist seit dem 01.05.2011 in einer überarbeiteten und erweiterten Fassung gültig. Ziel ist es, den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte zu erhöhen.

Neu zu errichtende Gebäude müssen den Wärme- und Kälteenergiebedarf (Wärmebedarf zur Heizung und Warmwasserbereitung, Kältebedarf zur Kühlung) durch anteilige Nutzung von erneuerbaren Energien nach Maßgabe der §§ 5, 5a und 6 EEWärmeG decken. Hierfür besteht eine ganze Reihe an Auswahlmöglichkeiten (Solarthermie, Biomasse, Geothermie).

Kommen keine erneuerbaren Energien zum Einsatz, kann auf verschiedene Ersatzmaßnahmen zurückgegriffen werden. Als Ersatzmaßnahmen gemäß § 7 EEWärmeG kann der Wärme- und Kältebedarf durch Anlagen zur Nutzung von Abwärme bzw. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (zu $\geq 50\%$) oder durch einen Nah-/Fernwärmeanschluss gedeckt oder alternativ eine Unterschreitung der EnEV (in der jeweils gültigen Fassung) um $\geq 15\%$ realisiert werden. Für die genannten Maßnahmen sind die jeweiligen Maßgaben der Anlagen zum EEWärmeG zu beachten.

Die Kombination einzelner Maßnahmen zur Erfüllung der geforderten Deckungsanteile ist grundsätzlich möglich.

5 Berechnungsgrundlagen

5.1 Bauphysikalische Randbedingungen

Für die Gebäudeberechnung wurden nachfolgend aufgelistete bauphysikalische Randbedingungen festgesetzt. Diese sind zur Erfüllung des Nachweises einzuhalten.

- **Wärmebrücken:**
Die konstruktiv bedingten Wärmebrücken werden in den Berechnungen zur EnEV mit dem pauschalen Ansatz nach EnEV § 7 Abs. 3 in Verbindung mit DIN V 4108-6 von $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ berücksichtigt. Im Bereich von Wärmebrücken sind demnach die Planungsbeispiele nach DIN 4108 Beiblatt 2 nicht zwingend zu berücksichtigen.
- **Ausnutzungsgrad für Wärmequellen:**
Die Bauart des Gebäudes kann als leicht kategorisiert werden. Die wirksame Wärmespeicherfähigkeit bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen V_e wird mit $C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3 \cdot \text{K)}$ berücksichtigt.
- **Dichtheit des Gebäudes:**
Die Prüfung der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle ist vorgesehen. Der Anlagenluftwechsel wird daher entsprechend der Vorgabe der DIN 4108-6 mit $n_A = 0,4 \text{ h}^{-1}$ in der Berechnung angesetzt. Die Dichtheit der Gebäudehülle muss die Anforderungen gemäß EnEV Anlage 4 für Gebäude mit raumluftechnischer Anlage erfüllen. D. h., dass der nach DIN EN 13829 gemessene Volumenstrom – bezogen auf das beheizte oder gekühlte Luftvolumen des Gebäudes – einen Wert von $1,5 \text{ h}^{-1}$ nicht überschreiten darf.

- **Bauteile:**

Die Berechnungen zu den Bauteilaufbauten der thermischen Hülle und die berechneten Wärmedurchgangskoeffizienten (U -Werte) können dem Anhang A des vorliegenden Berichts entnommen werden. Die dort beschriebenen Bauteilaufbauten geben zum großen Teil nur die wärmeschutztechnisch relevanten Schichten wieder und stellen keine vollständige Konstruktionsempfehlung im Sinne eines Bauteilkatalogs dar.

5.2 Haustechnisches Planungskonzept

Im Rahmen der vorliegenden Berechnungen zum EnEV-Nachweis wurde folgende Anlagentechnik angesetzt, die mit GMW-Ingenieurbüro GmbH abgestimmt wurde. Nachfolgend werden die wichtigsten haustechnischen Angaben zusammenfassend dargestellt. Detaillierte Angaben sind dem Anhang B des vorliegenden Berichts zu entnehmen.

5.2.1 Heizung

Die wesentlichen technischen Eigenschaften des angesetzten Heizungssystems des geplanten Neubaus lassen sich wie folgt beschreiben.

- System: Zentralheizung
- Verteilungen: horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Gebäudehülle, Steig- und Abzweigungen innerhalb der thermischen Gebäudehülle, Verteilnetz hydraulisch abgeglichen
- Wärmeübergabe / Regelung: freie Heizflächen, Regelung mit Thermostatventilen 1K, Systemtemperaturen 55/ 45 °C,
- Heizungspumpe: geregelt
- Wärmeerzeuger: Nahwärme
Primärenergiefaktor $f_p = 0,63$
erzeugt aus
Blockheizkraftwerk (Grundlast)
Brennwertkessel verbessert (Spitzenlast)

5.2.2 Warmwasserversorgung

Die wesentlichen technischen Eigenschaften des Trinkwarmwassernetzes lassen sich wie folgt beschreiben:

- System: zentral mit Zirkulationsbetrieb
- WW-Bedarf: 12,5 kWh/(m² · a) (gemäß EnEV)
- Verteilung: innerhalb der thermischen Gebäudehülle, Pumpen geregelt und auf Bedarf ausgelegt

- Warmwasserspeicher: indirekt beheizter Speicher,
Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle
- Wärmeerzeuger: Nahwärme
Primärenergiefaktor $f_p = 0,63$
erzeugt aus
Blockheizkraftwerk (Grundlast)
Brennwertkessel verbessert (Spitzenlast)

5.2.3 Lüftung

Die wesentlichen technischen Eigenschaften der geplanten Lüftungsanlage können wie folgt beschrieben werden

- System: dezentrale Abluftanlage
- Anlagenluftwechsel: $n_{A, \text{Norm}} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ (Norm-Anlagenluftwechsel gemäß DIN V 4701-10)
- Ventilatoren: DC-Ventilatoren

5.2.4 Klimatisierung / Kühlung

- nicht vorgesehen

6 Nachweise

6.1 Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2

Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 werden von allen im Anhang A dargestellten Bauteilen eingehalten.

6.2 Nachweis nach der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse des EnEV-Nachweises kurz erläutert. Die Berechnung und Ergebnisse sind in ihrer Gesamtheit dem Anhang B (EnEV-Berechnung) und dem Bericht M106610/06 (sommerlicher Wärmeschutz) zu entnehmen.

6.2.1 Jahres-Primärenergiebedarf Q''_p

Der Grenzwert des nutzflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs (Referenzgebäude) für das neu zu errichtende Wohngebäude beträgt

$$Q''_{P, \text{Ref}} = 67,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}),$$

und wird mit dem vorhandenen nutzflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarf von

$$Q''_{P, \text{Vorh.}} = 46,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

eingehalten bzw. um 31,2 % unterschritten.

Die Berechnungen wurden unter Verwendung der Software [9] durchgeführt.

6.2.2 Transmissionswärmeverlust H'_T

Der Grenzwert gemäß EnEV 2009 Anhang 1 Tabelle 2 des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes für das neu zu errichtende Wohngebäude beträgt

$$H'_{T, \text{zul.}} = 0,500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}),$$

und wird bei einem vorhandenen spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust von

$$H'_{T, \text{vorh.}} = 0,490 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

eingehalten bzw. um 2,0 % unterschritten.

Die Berechnungen wurden unter Verwendung der Software Dämmwerk [9] durchgeführt.

6.3 Nachweis KfW-Effizienzhaus 70

Für das vorliegende Bauvorhaben wird angestrebt, die Anforderungen an den energetischen Standard des KfW-Effizienzhauses 70 zu erfüllen. Dies bedeutet, dass der Jahres-Primärenergiebedarf 70 % und der Transmissionswärmeverlust 85 % des entsprechenden Wertes des Referenzgebäudes nicht überschreiten darf.

6.3.1 Jahres-Primärenergiebedarf Q''_P

Der Grenzwert für das KfW-Effizienzhaus 70 des nutzflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs (Referenzgebäude) für das neu zu errichtende Wohngebäude beträgt

$$Q''_{P, \text{zul.}} = 0,7 \times Q''_{P, \text{Ref}} = 0,7 \times 67,0 = 46,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}),$$

und wird mit dem vorhandenen nutzflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarf von

$$Q''_{P, \text{vorh.}} = 46,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

eingehalten.

6.3.2 Transmissionswärmeverlust H'_T

Der Grenzwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes für den Standard KfW-Effizienzhaus 70 des zu errichtende Wohngebäude beträgt

$$H'_{T, \text{zul.}} = 0,85 \times H'_{T, \text{Ref}} = 0,85 \times 0,613 = 0,521 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}),$$

und wird bei einem vorhandenen spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust von

$$H'_{T, \text{vorh.}} = 0,490 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

eingehalten.

6.4 Einhaltung des EEWärmeG

Neu zu errichtende Gebäude müssen den Wärme- und Kälteenergiebedarf (Wärmebedarf zur Heizung und Warmwasserbereitung, Kältebedarf zur Kühlung) durch anteilige Nutzung von erneuerbaren Energien nach Maßgabe der §§ 5, 5a und 6 EEWärmeG decken.

Kommen keine erneuerbaren Energien zum Einsatz, kann auf verschiedene Ersatzmaßnahmen zurückgegriffen werden.

Die Kombination einzelner Maßnahmen zur Erfüllung der geforderten Deckungsanteile ist grundsätzlich möglich. Als Ersatzmaßnahme gemäß § 7 kann auch die Nutzung von Abwärme, Deckung des Wärmeenergiebedarfs über KWK-Anlagen, Unterschreitung der EnEV-Anforderungen sowie Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs aus einem Nah- oder Fernwärmenetz zur Erfüllung des EEWärmeG herangezogen werden.

Die Maßnahmen sind jeweils allein zu einem jeweiligen Mindestdeckungsanteil oder als Kombination von mehreren Maßnahmen zu realisieren.

Sofern mindestens 50 % des Wärme- und Kälteenergiebedarfs unmittelbar aus einem Fernwärmenetz nach Maßgaben der Nummer VII der Anlage zum EEWärmeG gedeckt wird, gilt dies als vollwertige Ersatzmaßnahme.

Das grundlegende anlagentechnische Konzept des Bauvorhabens sieht eine 100 %ige Deckung des Wärmeenergiebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung über eigenes Nah-/Fernwärmenetz vor. Die Nahwärme wird dabei mit einem BHKW erzeugt welches zu Spitzenlastzeiten von einem verbesserten Brennkessel unterstützt wird. Der in der Berechnung verwendete Primärenergiefaktor f_p von 0,63 setzt einen Mindestdeckungsanteil des BHKW (KWK) von > 50 % voraus. Der Anteil liegt damit mindestens bei den geforderten 50 %.

Die Anforderungen des Erneuerbare Energien-Wärmegesetzes werden mit dem anlagentechnischen Konzept erfüllt.

7 Hinweise und Handlungsbedarf

In dem vorliegenden Nachweis nach Energieeinsparverordnung wurden die zur Einhaltung der Energieeinsparverordnung 2009 erforderlichen und im Vorfeld abgestimmten baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen zusammengestellt. Bei der weiteren Ausführungsplanung und Bauausführung ist durch den Bauherren bzw. seiner Erfüllungsgehilfen sicherzustellen, dass die im Bericht genannten baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen umgesetzt werden. Wesentlich ist hier unter anderem die Einhaltung des im Nachweis angegebenen Primärenergiefaktors zur Erzeugung der Heizwärme und des Trinkwarmwasserbedarfs. Die Einhaltung dieses Primärenergiefaktors wird einen anteiligen Betrieb des geplanten BHKW durch virtuelles Biogas erfordern. Um sicherzustellen, dass der angegebene Primärenergiefaktor umgesetzt wird, muss die hierzu entsprechende Anlagenkonfiguration (erforderlicher Anteil des Biogases) ermittelt werden. Um sicherzustellen, dass der genannte Primärenergiefaktor eingehalten wird, ist eine entsprechende Bestätigung durch den Haustechnikplaner oder den Betreiber des BHKW erforderlich.

Im Rahmen der Durchführungsverordnung zur Energieeinsparverordnung EnEV 2009 muss der EnEV-Nachweis formal vor Baubeginn durch einen Prüfsachverständigen für energetische Gebäudeplanung geprüft werden. Durch den Prüfsachverständigen ist auch eine punktuelle Mitwirkung auf der Baustelle erforderlich. Die Beauftragung des Prüfsachverständigen muss durch den Bauherren erfolgen.

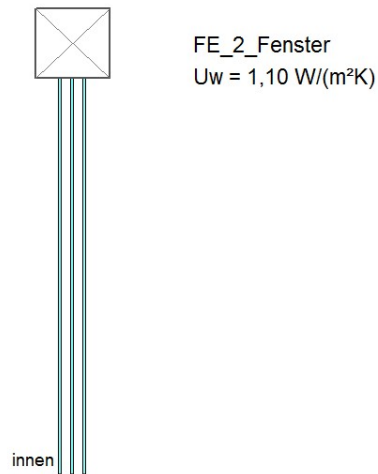


Dipl.-Ing. (FH) Nicky Schmidt

Anhang A

Bauteile

Bauteil: FE_2_Fenster



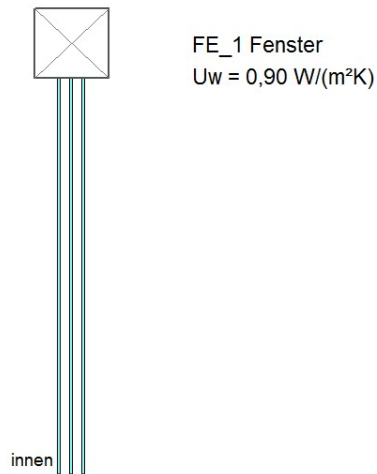
Bauteiltyp "Fenster"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,100 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 33\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

Bauteil: FE_1 Fenster



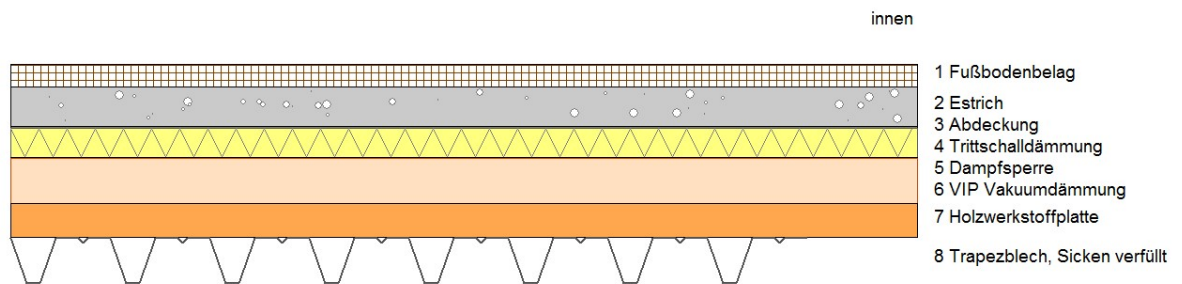
Bauteiltyp "Fenster"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = \mathbf{0,900 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$ (manuell festgelegt)

(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 33\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

Bauteil: DE_1_Decke_gegen_AL



DE_1_Decke_gegen_AL
U = 0,17 W/(m²K)

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,04$ m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,170
01 Fußbodenbelag	2,00	2300	46,0	-	-
02 Estrich	3,50	2000	70,0	1,400	0,025
03 Abdeckung	0,17	1200	2,0	0,170	0,010
04 Trittschalldämmung	2,50	30	0,8	0,040	0,625
05 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
06 VIP Vakuumdämmung	4,00	190	7,6	0,008	5,000
07 Holzwerkstoffplatte	3,00	700	21,0	0,170	0,176
08 Trapezblech, Sicken verfüllt	4,00	-	-	-	-
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	19,27	G =	147,4	$R_T =$	6,05

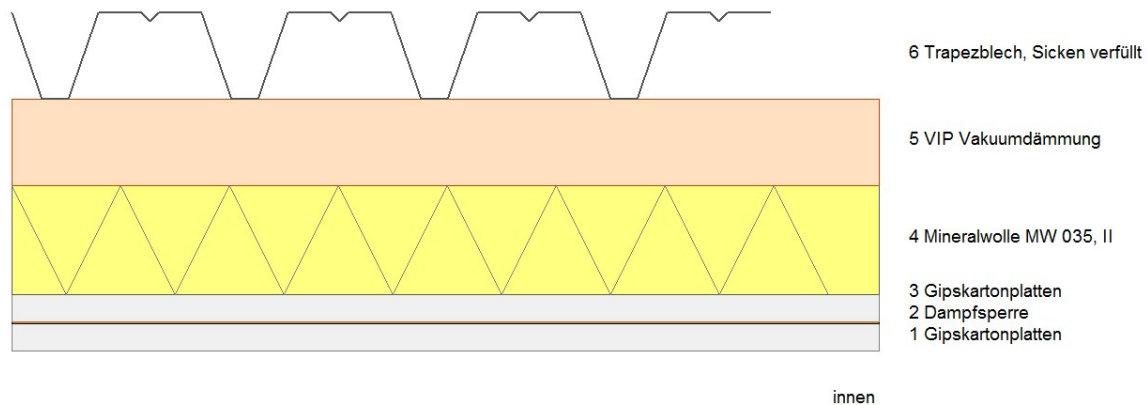
Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,165 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken gegen Außenluft, Garagen (auch beheizte), Durchfahrten und belüftete Kriechkeller (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R 5,84 \geq 1,75 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Bauteil: DA_2_Terrasse



DA_2_Terrasse
 $U = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
03 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
04 Mineralwolle MW 035, II	5,00	30	1,5	0,035	1,429
05 VIP Vakuumdämmung	4,00	190	7,6	0,008	5,000
06 Trapezblech, Sicken verfüllt	4,00	-	-	-	-
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 15,60	G = 29,1		$R_T = 6,67$	

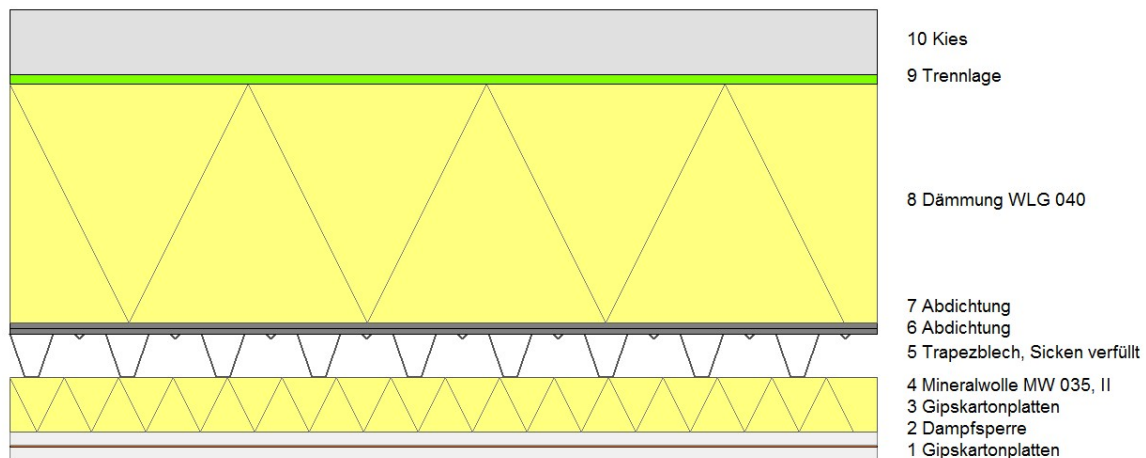
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,150 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse < 100 kg/m² nach 5.2.2.

$R \quad 6,53 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: DA_1_Dach_var



DA_1_Dach_var
 $U = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

innen

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W / (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
03 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
04 Mineralwolle MW 035, II	5,00	30	1,5	0,035	1,429
05 Trapezblech, Sicken verfüllt	4,00	-	-	-	-
06 Abdichtung	0,50	1200	6,0	0,170	0,029
07 Abdichtung	0,50	1200	6,0	0,170	0,029
08 Dämmung WLG 040	22,00	30	6,6	0,040	5,500
09 Trennlage	0,86	-	-	-	-
10 Kies	6,00	1800	108,0	-	-
11	-	-	-	-	-
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 41,46	G = 148,1		$R_T = 7,23$	

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,138 + 0,030 = 0,168 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,030 Zuschlag wg. Umkehrdach, Trennlage und Aufbau gemäß Zulassung

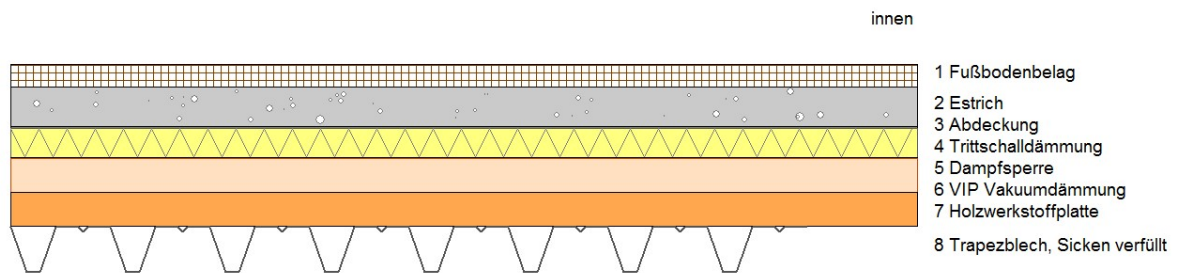
U-Wert Gesamtkorrektur = 22%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

 $R \quad 7,09 \geq 1,20 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: BO1_Boden



BO1_Boden
 $U = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Fußboden über Hohlraum zum Erdreich"
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Fußbodenbelag	2,00	2300	46,0	–	–
02 Estrich	3,50	2000	70,0	1,400	0,025
03 Abdeckung	0,17	1200	2,0	0,170	0,010
04 Trittschalldämmung	2,50	30	0,8	0,040	0,625
05 Dampfsperre	0,10	–	–	–	–
06 VIP Vakuumdämmung	3,00	190	5,7	0,008	3,750
07 Holzwerkstoffplatte	3,00	700	21,0	0,170	0,176
08 Trapezblech, Sicken verfüllt	4,00	–	–	–	–
R_{se}					0,170
<hr/>					
	d = 18,27	G = 145,5		$R_T = 4,93$	

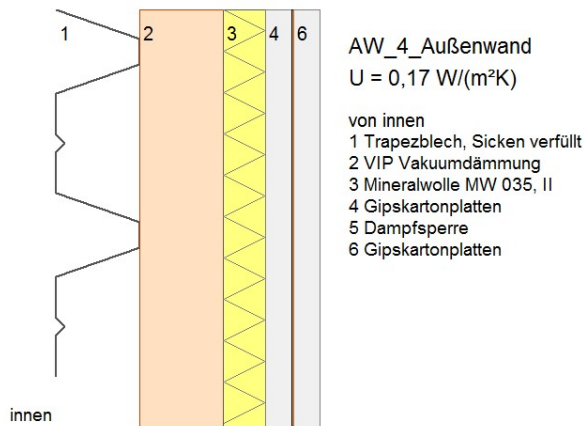
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,203 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken gegen Außenluft, Garagen (auch beheizte), Durchfahrten und belüftete Kriechkeller (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R \quad 4,59 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: AW_4_Außenwand



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W / (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Trapezblech, Sicken verfüllt	4,00	-	-	-	-
02 VIP Vakuumdämmung	4,00	190	7,6	0,008	5,000
03 Mineralwolle MW 035, II	2,00	30	0,6	0,035	0,571
04 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
05 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
06 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	12,60	G =	28,2	$R_T =$	5,84

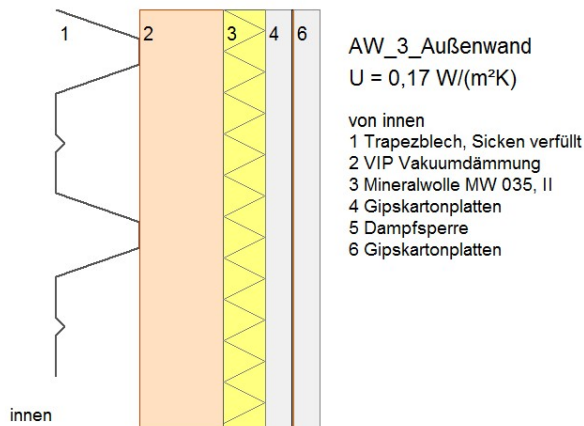
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,171 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$ nach 5.2.2.

$R \quad 5,67 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: AW_3_Außenwand



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W / (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Trapezblech, Sicken verfüllt	4,00	-	-	-	-
02 VIP Vakuumdämmung	4,00	190	7,6	0,008	5,000
03 Mineralwolle MW 035, II	2,00	30	0,6	0,035	0,571
04 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
05 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
06 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	12,60	G =	28,2	$R_T =$	5,84

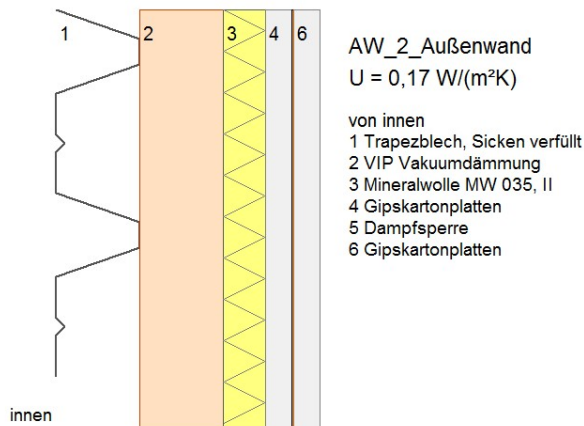
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,171 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$ nach 5.2.2.

$R \quad 5,67 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: AW_2_Außenwand



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W / (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Trapezblech, Sicken verfüllt	4,00	-	-	-	-
02 VIP Vakuumdämmung	4,00	190	7,6	0,008	5,000
03 Mineralwolle MW 035, II	2,00	30	0,6	0,035	0,571
04 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
05 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
06 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	12,60	G =	28,2	$R_T =$	5,84

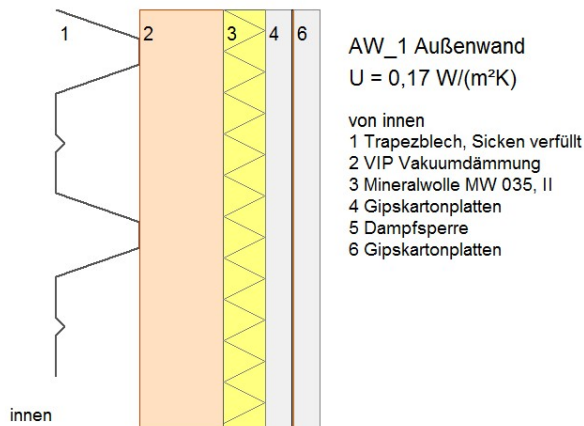
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,171 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$ nach 5.2.2.

$R \quad 5,67 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: AW_1 Außenwand



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W / (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Trapezblech, Sicken verfüllt	4,00	-	-	-	-
02 VIP Vakuumdämmung	4,00	190	7,6	0,008	5,000
03 Mineralwolle MW 035, II	2,00	30	0,6	0,035	0,571
04 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
05 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
06 Gipskartonplatten	1,25	800	10,0	0,250	0,050
R_{se}					0,040
d =	12,60	G =	28,2	$R_T =$	5,84

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,171 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$ nach 5.2.2.

R 5,67 \geq 1,75 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Anhang B

**Gebäudeberechnung / Bilanzierung nach DIN V 4108-6
in Verbindung mit DIN V 4701-10**

Heizwärme- und Primärenergiebedarf

Projekt: Studentendorf Plänerwald - BT1

Maßgebende Normen und Verordnungen:

EnEV 2009 (DIN 4108-6 / DIN 4701-10 - Verfahren für Wohngebäude)

DIN V 4108-6:2003, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

DIN V 4108-2:2003, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN V 4701-10:2003, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen

DIN V 4701-12:2004, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand

DIN EN 832:2003, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude

DIN EN ISO 6946:2008, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

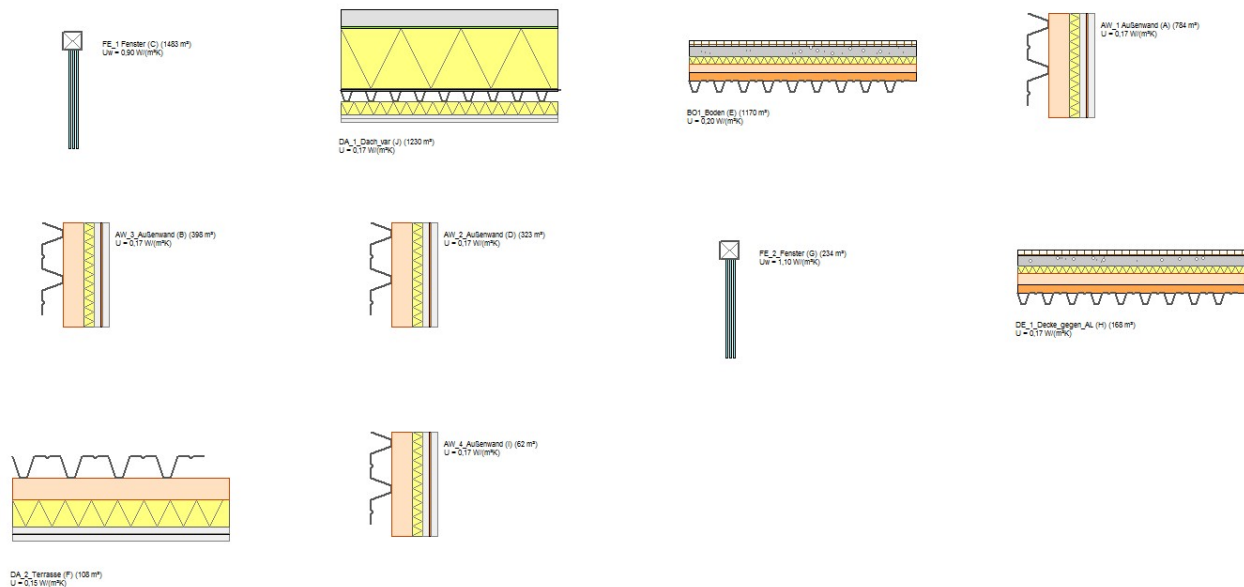
DIN EN ISO 13789:1999, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:1998, Wärmeübertragung über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2006, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

Gebäudeberechnung "Gebäude-1"

Bauteilübersicht



Nachweisverfahren **Referenzwertverfahren** für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nach EnEV '09 §3 und A1, 2.1.2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und des spezifischen Transmissionswärmeverlustes der thermischen Hülle
Verfahren nach DIN V 4108-6 / DIN V 4701-10 für Wohngebäude

Allgemeine Hinweise und Erläuterungen

Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort "**Deutschland**", 50°,00' nördl. Breite, Region 0, $T_a(\text{im Jahresmittel}) = 8,9^\circ\text{C}$

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + 0.10)$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Hüllfläche	A	U	F_x	Anmerkung	L_D
	m²	W / (m² K)			W / K

Stockwerk: EG

0101-0 FAW AW01 Süd	A	115,2	0,171	1,00 FAW	02 50	31,2
0102-0 FAW AW03 Ost	B	70,6	0,171	1,00 FAW	02 50	19,1
a 0102 FF FE01 Ost	C	197,8	0,900	1,00 FF	50 02	197,8
0103-0 FAW AW02 Ost	D	36,9	0,171	1,00 FAW	02 50	10,0
a 0103 FF FE01 Ost	C	5,2	0,900	1,00 FF	50 02	5,2
0104-0 FG BP01	E	1169,7	0,203	0,90 FG	50 25 22	330,7
0105-0 FAW AW01 Nord	A	107,4	0,171	1,00 FAW	02 50	29,1
0106-0 FAW AW03 West	B	70,6	0,171	1,00 FAW	02 50	19,1
a 0106 FF FE01 West	C	203,0	0,900	1,00 FF	50 02	203,0
0107-0 FAW AW03 Nord	B	1,7	0,171	1,00 FAW	02 50	0,5
a 0107 FF FE01 Nord	C	5,2	0,900	1,00 FF	50 02	5,2
0108-0 FAW AW02 West	D	36,9	0,171	1,00 FAW	02 50	10,0
0109-0 FAW AW02 Nord	D	0,9	0,171	1,00 FAW	02 50	0,2
0110-0 FD DA02	F	12,0	0,150	1,00 FD	02 50	3,0

Stockwerk: OG1

0111-0 FAW AW03 Ost	B	40,1	0,171	1,00 FAW	02 50	10,9
a 0111 FF FE01 Ost	C	36,4	0,900	1,00 FF	50 02	36,4
a 0111 FF FE02 Ost	G	57,3	1,100	1,00 FF	50 02	68,8
0112-0 FAW AW01 Süd	A	57,9	0,171	1,00 FAW	02 50	15,7
0113-0 FAW AW02 Ost	D	40,6	0,171	1,00 FAW	02 50	11,0
a 0113 FF FE01 Ost	C	130,1	0,900	1,00 FF	50 02	130,1
0114-0 Fe DE01	H	132,0	0,165	1,00 FD	50	35,0
0115-0 FAW AW03 West	B	46,3	0,171	1,00 FAW	02 50	12,6
a 0115 FF FE02 West	G	10,4	1,100	1,00 FF	50 02	12,5
a 0115 FF FE01 West	C	26,0	0,900	1,00 FF	50 02	26,0
0116-0 FAW AW02 West	D	40,6	0,171	1,00 FAW	02 50	11,0
a 0116 FF FE01 West	C	182,2	0,900	1,00 FF	50 02	182,2
a 0116 FF FE02 West	G	5,2	1,100	1,00 FF	50 02	6,2
0117-0 FAW AW03 Nord	B	1,0	0,171	1,00 FAW	02 50	0,3
a 0117 FF FE02 Nord	G	5,2	1,100	1,00 FF	50 02	6,2
0118-0 FAW AW01 Nord	A	50,8	0,171	1,00 FAW	02 50	13,8
0119-0 FAW AW02 Nord	D	0,9	0,171	1,00 FAW	02 50	0,2
0120-0 FD DA02	F	54,0	0,150	1,00 FD	02 50	13,5

Stockwerk: OG2

0121-0 FAW AW02 Ost	D	40,6	0,171	1,00 FAW	02 50	11,0
a 0121 FF FE01 Ost	C	57,3	0,900	1,00 FF	50 02	57,3
a 0121 FF FE02 Ost	G	10,4	1,100	1,00 FF	50 02	12,5
0122-0 FAW AW01 Süd	A	101,6	0,171	1,00 FAW	02 50	27,6
0123-0 FAW AW03 Ost	B	50,4	0,171	1,00 FAW	02 50	13,7
a 0123 FF FE01 Ost	C	88,5	0,900	1,00 FF	50 02	88,5
a 0123 FF FE02 Ost	G	46,8	1,100	1,00 FF	50 02	56,2
0124-0 Fe DE01	H	36,0	0,165	1,00 FD	50	9,6
0125-0 FAW AW01 Nord	A	94,5	0,171	1,00 FAW	02 50	25,6
0126-0 FAW AW02 West	D	36,2	0,171	1,00 FAW	02 50	9,8
a 0126 FF FE02 West	G	10,4	1,100	1,00 FF	50 02	12,5
a 0126 FF FE01 West	C	26,0	0,900	1,00 FF	50 02	26,0
0127-0 FAW AW03 West	B	39,1	0,171	1,00 FAW	02 50	10,6
a 0127 FF FE01 West	C	150,7	0,900	1,00 FF	50 02	150,7
a 0127 FF FE02 West	G	5,2	1,100	1,00 FF	50 02	6,2
0128-0 FAW AW01 West	A	35,9	0,171	1,00 FAW	02 50	9,7
0129-0 FAW AW03 Nord	B	4,1	0,171	1,00 FAW	02 50	1,1
a 0129 FF FE01 Nord	C	15,6	0,900	1,00 FF	50 02	15,6
0130-0 FAW AW04 Ost	I	20,8	0,171	1,00 FAW	02 50	5,6
0131-0 FD DA02	F	42,0	0,150	1,00 FD	02 50	10,5

0132-0 FAW AW02 Nord	D	3,6	0,171	1,00	FAW	02 50	1,0
a 0132 FF FE02 Nord	G	5,2	1,100	1,00	FF	50 02	6,2
0133-0 FAW AW03 Süd	B	3,1	0,171	1,00	FAW	02 50	0,8
a 0133 FF FE01 Süd	C	10,4	0,900	1,00	FF	50 02	10,4
0134-0 FAW AW02 Süd	D	2,7	0,171	1,00	FAW	02 50	0,7
0135-0 FAW AW04 Süd	I	5,2	0,171	1,00	FAW	02 50	1,4
0136-0 FAW AW04 West	I	5,2	0,171	1,00	FAW	02 50	1,4

Stockwerk: OG3

0137-0 FAW AW01 Süd	A	96,5	0,171	1,00	FAW	02 50	26,2
0138-0 FAW AW02 Ost	D	40,6	0,171	1,00	FAW	02 50	11,0
a 0138 FF FE01 Ost	C	36,4	0,900	1,00	FF	50 02	36,4
a 0138 FF FE02 Ost	G	10,4	1,100	1,00	FF	50 02	12,5
0139-0 FAW AW03 Ost	B	34,6	0,171	1,00	FAW	02 50	9,4
a 0139 FF FE01 Ost	C	109,3	0,900	1,00	FF	50 02	109,3
a 0139 FF FE02 Ost	G	46,8	1,100	1,00	FF	50 02	56,2
0140-0 FD DA01	J	1229,7	0,168	1,00	FD	02 50	330,0
0141-0 FAW AW03 West	B	30,6	0,171	1,00	FAW	02 50	8,3
a 0141 FF FE01 West	C	155,9	0,900	1,00	FF	50 02	155,9
a 0141 FF FE02 West	G	15,6	1,100	1,00	FF	50 02	18,7
0142-0 FAW AW01 Nord	A	89,6	0,171	1,00	FAW	02 50	24,3
0143-0 FAW AW03 Süd	B	2,4	0,171	1,00	FAW	02 50	0,7
a 0143 FF FE01 Süd	C	10,4	0,900	1,00	FF	50 02	10,4
0144-0 FAW AW01 West	A	34,7	0,171	1,00	FAW	02 50	9,4
0145-0 FAW AW03 Nord	B	3,2	0,171	1,00	FAW	02 50	0,9
a 0145 FF FE01 Nord	C	15,6	0,900	1,00	FF	50 02	15,6
a 0145 FF FE02 Nord	G	5,2	1,100	1,00	FF	50 02	6,2
0146-0 FAW AW02 West	D	36,2	0,171	1,00	FAW	02 50	9,8
a 0146 FF FE01 West	C	20,8	0,900	1,00	FF	50 02	20,8
0147-0 FAW AW04 West	I	5,2	0,171	1,00	FAW	02 50	1,4
0148-0 FAW AW02 Süd	D	2,7	0,171	1,00	FAW	02 50	0,7
0149-0 FAW AW04 Süd	I	5,2	0,171	1,00	FAW	02 50	1,4
0150-0 FAW AW02 Nord	D	3,6	0,171	1,00	FAW	02 50	1,0
0151-0 FAW AW04 Ost	I	20,8	0,171	1,00	FAW	02 50	5,6

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 5.959,6 \quad \Sigma L_D + H_u + L_s \text{ [W/K]} = 2.921,0$$

darin enthaltene Wärmebrückenzuschläge $L_{D,WB} = 596,0 \text{ W/K}$ (20,4%)

Bodenplattenmaß $B' = A_G / (0.5 P) = 1170 / 135 = 8,67 \text{ m}$ (DIN V 4108-6, E.3)

Anmerkungen

01 Fx-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)

02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).

22 Aufgeständerter Fußboden.

25 Fx-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß $B' = 1169,7 / 134,9 = 8,67$.

50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird ohne weiteren Nachweis pauschal mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt.

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.28)

$$H_T = \Sigma U_i \cdot A_i + H_u + L_s + H_{WB} + \Delta H_{T,FH} = 2921,0 \text{ W/K} \quad (0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)})$$

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert W/m ² K	Fläche A m ²	L _D W/K
---------	------------------------------	----------------------------	-----------------------

AW_1 Außenwand	A	0,171	784	13 %	213	7 %
AW_2 Außenwand	D	0,171	323	5 %	88	3 %
AW_3_Außenwand	B	0,171	398	7 %	108	4 %
AW_4_Außenwand	I	0,171	62	1 %	17	1 %
BO1_Boden	E	0,203	1170	20 %	331	11 %
DA_1_Dach_var	J	0,168	1230	21 %	330	11 %
DA_2_Terrasse	F	0,150	108	2 %	27	1 %
DE_1_Decke_gegen_AL	H	0,165	168	3 %	45	2 %
FE_1 Fenster	C	0,900	1483	25 %	1.483	51 %
FE_2_Fenster	G	1,100	234	4 %	281	10 %

5960 100 % 2.921 100 %

Interne Berechnung mit reellen Zahlen, Zwischenergebnisse sind auf ganze Zahlen gerundet.

Wärmeverluste ohne Wärmebrückenzuschlag

Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen

Bezeichnung	Volumenermittlung	V [m³]
1 Bauteil 1	14657	14657,0
2		

Beheiztes Gebäudevolumen	$V_e =$	14.657 m³
Gebäudenutzfläche	$A_N = 0,32 * V_e =$	4.690 m²
beheiztes Luftvolumen	$V_L = 0,80 * V_e =$	11.726 m³

Lüftungswärmeverluste

Luftvolumen	Netto-Luftvolumen $V_N = V_L =$	11726 m³
Lüftung	Abluftanlage ohne WRG mit DC-Ventilatoren (REF'09)	
	$n_{Anl} = 0,40; n_x = 0,15 \Rightarrow n = n_{Anl} + n_x =$	0,55 h⁻¹

Spezifischer Lüftungswärmeverlust $H_V = 0,34 * n * V_N =$ **2192,7 W/K** (DIN V 4108-6, 6.2)

Die Dichtheit des Gebäudes mit raumluftechnischen Anlagen wurde nach EnEV A4 überprüft.

Interne Wärmegewinne

Nutzfläche	$A_N = 0,32 * V =$	4.690 m²
Wärmeleistung	Wohngebäude (Anhang D.3), $q_{i,M} =$	5,0 W/m²

Brutto-Wärmegewinne $\Phi_{i,M} = q_{i,M} * A_N =$ **23.451 W** (DIN V 4108-6, 6.3)

Solare Wärmegewinne

Effektive Kollektorflächen A_s für Deutschland, nördliche Breite 50°,00'

Kollektorfläche	A [m²]		g⊥	F _F	F _C	F _H	F _O	F _f	A _s
Fenster									
a 0102 FF FE01 O	197,8	Ost	90°	0,33	0,70	0,90			37,0
a 0103 FF FE01 O	5,2	Ost	90°	0,33	0,70	0,90			1,0
a 0106 FF FE01 W	203,0	West	90°	0,33	0,70	0,90			38,0
a 0107 FF FE01 N	5,2	Nord	90°	0,33	0,70	0,90			1,0
a 0111 FF FE01 O	36,4	Ost	90°	0,33	0,70	0,90			6,8
a 0111 FF FE02 O	57,3	Ost	90°	0,33	0,70	0,90			10,7
a 0113 FF FE01 O	130,1	Ost	90°	0,33	0,70	0,90			24,3
a 0115 FF FE02 W	10,4	West	90°	0,33	0,70	0,90			1,9
a 0115 FF FE01 W	26,0	West	90°	0,33	0,70	0,90			4,9

a 0116	FF	FE01	W	182,2	West	90°	0,33	0,70	0,90	34,1
a 0116	FF	FE02	W	5,2	West	90°	0,33	0,70	0,90	1,0
a 0117	FF	FE02	N	5,2	Nord	90°	0,33	0,70	0,90	1,0
a 0121	FF	FE01	O	57,3	Ost	90°	0,33	0,70	0,90	10,7
a 0121	FF	FE02	O	10,4	Ost	90°	0,33	0,70	0,90	1,9
a 0123	FF	FE01	O	88,5	Ost	90°	0,33	0,70	0,90	16,6
a 0123	FF	FE02	O	46,8	Ost	90°	0,33	0,70	0,90	8,8
a 0126	FF	FE02	W	10,4	West	90°	0,33	0,70	0,90	1,9
a 0126	FF	FE01	W	26,0	West	90°	0,33	0,70	0,90	4,9
a 0127	FF	FE01	W	150,7	West	90°	0,33	0,70	0,90	28,2
a 0127	FF	FE02	W	5,2	West	90°	0,33	0,70	0,90	1,0
a 0129	FF	FE01	N	15,6	Nord	90°	0,33	0,70	0,90	2,9
a 0132	FF	FE02	N	5,2	Nord	90°	0,33	0,70	0,90	1,0
a 0133	FF	FE01	S	10,4	Süd	90°	0,33	0,70	0,90	1,9
a 0138	FF	FE01	O	36,4	Ost	90°	0,33	0,70	0,90	6,8
a 0138	FF	FE02	O	10,4	Ost	90°	0,33	0,70	0,90	1,9
a 0139	FF	FE01	O	109,3	Ost	90°	0,33	0,70	0,90	20,5
a 0139	FF	FE02	O	46,8	Ost	90°	0,33	0,70	0,90	8,8
a 0141	FF	FE01	W	155,9	West	90°	0,33	0,70	0,90	29,2
a 0141	FF	FE02	W	15,6	West	90°	0,33	0,70	0,90	2,9
a 0143	FF	FE01	S	10,4	Süd	90°	0,33	0,70	0,90	1,9
a 0145	FF	FE01	N	15,6	Nord	90°	0,33	0,70	0,90	2,9
a 0145	FF	FE02	N	5,2	Nord	90°	0,33	0,70	0,90	1,0
a 0146	FF	FE01	W	20,8	West	90°	0,33	0,70	0,90	3,9
andere										
0101-0	FAW	AW01		115,2	Süd	90°		1,00	0,90	opak
0102-0	FAW	AW03		70,6	Ost	90°		1,00	0,90	opak
0103-0	FAW	AW02		36,9	Ost	90°		1,00	0,90	opak
0105-0	FAW	AW01		107,4	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0106-0	FAW	AW03		70,6	West	90°		1,00	0,90	opak
0107-0	FAW	AW03		1,7	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0108-0	FAW	AW02		36,9	West	90°		1,00	0,90	opak
0109-0	FAW	AW02		0,9	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0110-0	FD	DA02		12,0	-	0°		1,00	0,90	opak
0111-0	FAW	AW03		40,1	Ost	90°		1,00	0,90	opak
0112-0	FAW	AW01		57,9	Süd	90°		1,00	0,90	opak
0113-0	FAW	AW02		40,6	Ost	90°		1,00	0,90	opak
0115-0	FAW	AW03		46,3	West	90°		1,00	0,90	opak
0116-0	FAW	AW02		40,6	West	90°		1,00	0,90	opak
0117-0	FAW	AW03		1,0	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0118-0	FAW	AW01		50,8	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0119-0	FAW	AW02		0,9	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0120-0	FD	DA02		54,0	-	0°		1,00	0,90	opak
0121-0	FAW	AW02		40,6	Ost	90°		1,00	0,90	opak
0122-0	FAW	AW01		101,6	Süd	90°		1,00	0,90	opak
0123-0	FAW	AW03		50,4	Ost	90°		1,00	0,90	opak
0125-0	FAW	AW01		94,5	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0126-0	FAW	AW02		36,2	West	90°		1,00	0,90	opak
0127-0	FAW	AW03		39,1	West	90°		1,00	0,90	opak
0128-0	FAW	AW01		35,9	West	90°		1,00	0,90	opak
0129-0	FAW	AW03		4,1	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0130-0	FAW	AW04		20,8	Ost	90°		1,00	0,90	opak
0131-0	FD	DA02		42,0	-	0°		1,00	0,90	opak
0132-0	FAW	AW02		3,6	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0133-0	FAW	AW03		3,1	Süd	90°		1,00	0,90	opak
0134-0	FAW	AW02		2,7	Süd	90°		1,00	0,90	opak
0135-0	FAW	AW04		5,2	Süd	90°		1,00	0,90	opak
0136-0	FAW	AW04		5,2	West	90°		1,00	0,90	opak
0137-0	FAW	AW01		96,5	Süd	90°		1,00	0,90	opak
0138-0	FAW	AW02		40,6	Ost	90°		1,00	0,90	opak
0139-0	FAW	AW03		34,6	Ost	90°		1,00	0,90	opak
0140-0	FD	DA01		1229,7	-	0°		1,00	0,90	opak
0141-0	FAW	AW03		30,6	West	90°		1,00	0,90	opak
0142-0	FAW	AW01		89,6	Nord	90°		1,00	0,90	opak
0143-0	FAW	AW03		2,4	Süd	90°		1,00	0,90	opak
0144-0	FAW	AW01		34,7	West	90°		1,00	0,90	opak

0145-0 FAW AW03	3,2	Nord	90°	1,00	0,90	opak
0146-0 FAW AW02	36,2	West	90°	1,00	0,90	opak
0147-0 FAW AW04	5,2	West	90°	1,00	0,90	opak
0148-0 FAW AW02	2,7	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0149-0 FAW AW04	5,2	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0150-0 FAW AW02	3,6	Nord	90°	1,00	0,90	opak
0151-0 FAW AW04	20,8	Ost	90°	1,00	0,90	opak

$A_S [m^2] = A * 0,90 * g_{\perp} * F_F * F_C * F_S$ mit $F_S = F_h * F_O * F_f$ (DIN V 4108-6, Gl.54)
 F_F berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor F_C für permanente Sonnenschutzvorrichtungen,
Teilbestrahlungsfaktoren F_h für Horizontwinkel der Verbauung, F_O für horizontale Überhänge und F_f für seitliche
Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

Die Summe der Teilbestrahlungsfaktoren F_S wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis mit 0.9 angenommen

solare Warmegewinne über opake Bauteile werden bilanziert:
... 44 weitere, opake Bauteile mit solaren Gewinnen

Strahlungsintensitäten I_s für Deutschland DIN V 4108-6, Tab A.1

[W/m²]	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
- 0°	179	135	75	39	22	33	52	82	190
Süd 90°	112	115	81	54	33	56	61	80	137
West 90°	115	90	51	28	15	25	37	53	125
Nord 90°	70	48	33	18	10	14	23	34	64
Ost 90°	115	90	51	28	15	25	37	53	125

Kollektorfläche	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
Fenster							
a 0102 FF FE01 Ost	1888	1036	555	925	1369	1962	4626
a 0103 FF FE01 Ost	50	27	15	24	36	52	122
a 0106 FF FE01 West	1937	1064	570	950	1405	2013	4748
a 0107 FF FE01 Nord	32	18	10	14	22	33	62
a 0111 FF FE01 Ost	347	191	102	170	252	361	851
a 0111 FF FE02 Ost	547	300	161	268	397	568	1340
a 0113 FF FE01 Ost	1241	682	365	609	901	1290	3043
a 0115 FF FE02 West	99	54	29	49	72	103	243
a 0115 FF FE01 West	248	136	73	122	180	258	608
a 0116 FF FE01 West	1739	955	511	852	1261	1807	4261
a 0116 FF FE02 West	50	27	15	24	36	52	122
a 0117 FF FE02 Nord	32	18	10	14	22	33	62
a 0121 FF FE01 Ost	547	300	161	268	397	568	1340
a 0121 FF FE02 Ost	99	54	29	49	72	103	243
a 0123 FF FE01 Ost	845	464	248	414	613	878	2070
a 0123 FF FE02 Ost	447	245	131	219	324	464	1095
a 0126 FF FE02 West	99	54	29	49	72	103	243
a 0126 FF FE01 West	248	136	73	122	180	258	608
a 0127 FF FE01 West	1438	790	423	705	1043	1494	3525
a 0127 FF FE02 West	50	27	15	24	36	52	122
a 0129 FF FE01 Nord	96	53	29	41	67	99	187
a 0132 FF FE02 Nord	32	18	10	14	22	33	62
a 0133 FF FE01 Süd	158	105	64	109	119	156	267
a 0138 FF FE01 Ost	347	191	102	170	252	361	851
a 0138 FF FE02 Ost	99	54	29	49	72	103	243
a 0139 FF FE01 Ost	1043	573	307	511	757	1084	2556
a 0139 FF FE02 Ost	447	245	131	219	324	464	1095
a 0141 FF FE01 West	1488	817	438	729	1079	1546	3646
a 0141 FF FE02 West	149	82	44	73	108	155	365
a 0143 FF FE01 Süd	158	105	64	109	119	156	267
a 0145 FF FE01 Nord	96	53	29	41	67	99	187
a 0145 FF FE02 Nord	32	18	10	14	22	33	62
a 0146 FF FE01 West	198	109	58	97	144	206	486

andere										
0101-0	FAW	AW01	Süd (opak)	16	5	-3	6	8	16	38
0102-0	FAW	AW03	Ost (opak)	3	-3	-6	-4	-1	3	20
0103-0	FAW	AW02	Ost (opak)	1	-2	-3	-2	0	2	11
0105-0	FAW	AW01	Nord (opak)	-3	-8	-11	-9	-6	-2	9
0106-0	FAW	AW03	West (opak)	3	-3	-6	-4	-1	3	20
0107-0	FAW	AW03	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0108-0	FAW	AW02	West (opak)	1	-2	-3	-2	0	2	11
0109-0	FAW	AW02	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0110-0	FD	DA02	(opak)	0	-1	-2	-2	-1	0	4
0111-0	FAW	AW03	Ost (opak)	1	-2	-3	-2	0	2	12
0112-0	FAW	AW01	Süd (opak)	8	3	-1	3	4	8	19
0113-0	FAW	AW02	Ost (opak)	2	-2	-3	-2	0	2	12
0115-0	FAW	AW03	West (opak)	2	-2	-4	-2	0	2	13
0116-0	FAW	AW02	West (opak)	2	-2	-3	-2	0	2	12
0117-0	FAW	AW03	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0118-0	FAW	AW01	Nord (opak)	-1	-4	-5	-4	-3	-1	4
0119-0	FAW	AW02	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0120-0	FD	DA02	(opak)	-1	-7	-9	-8	-5	0	18
0121-0	FAW	AW02	Ost (opak)	2	-2	-3	-2	0	2	12
0122-0	FAW	AW01	Süd (opak)	14	5	-2	6	7	14	34
0123-0	FAW	AW03	Ost (opak)	2	-2	-4	-3	-1	2	15
0125-0	FAW	AW01	Nord (opak)	-2	-7	-10	-8	-5	-2	8
0126-0	FAW	AW02	West (opak)	1	-1	-3	-2	0	2	10
0127-0	FAW	AW03	West (opak)	1	-2	-3	-2	0	2	11
0128-0	FAW	AW01	West (opak)	1	-1	-3	-2	0	2	10
0129-0	FAW	AW03	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0130-0	FAW	AW04	Ost (opak)	1	-1	-2	-1	0	1	6
0131-0	FD	DA02	(opak)	-1	-5	-7	-6	-4	0	14
0132-0	FAW	AW02	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0133-0	FAW	AW03	Süd (opak)	0	0	0	0	0	0	1
0134-0	FAW	AW02	Süd (opak)	0	0	0	0	0	0	1
0135-0	FAW	AW04	Süd (opak)	1	0	0	0	0	1	2
0136-0	FAW	AW04	West (opak)	0	0	0	0	0	0	2
0137-0	FAW	AW01	Süd (opak)	13	5	-2	5	7	13	32
0138-0	FAW	AW02	Ost (opak)	2	-2	-3	-2	0	2	12
0139-0	FAW	AW03	Ost (opak)	1	-1	-3	-2	0	2	10
0140-0	FD	DA01	(opak)	-16	-131	-185	-150	-90	6	352
0141-0	FAW	AW03	West (opak)	1	-1	-3	-2	0	1	9
0142-0	FAW	AW01	Nord (opak)	-2	-7	-9	-8	-5	-2	7
0143-0	FAW	AW03	Süd (opak)	0	0	0	0	0	0	1
0144-0	FAW	AW01	West (opak)	1	-1	-3	-2	0	2	10
0145-0	FAW	AW03	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0146-0	FAW	AW02	West (opak)	1	-1	-3	-2	0	2	10
0147-0	FAW	AW04	West (opak)	0	0	0	0	0	0	2
0148-0	FAW	AW02	Süd (opak)	0	0	0	0	0	0	1
0149-0	FAW	AW04	Süd (opak)	1	0	0	0	0	1	2
0150-0	FAW	AW02	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0151-0	FAW	AW04	Ost (opak)	1	-1	-2	-1	0	1	6
solare Wärmeströme		$\Sigma\Phi_S$ [W]	16325	8999	4840	8045	11843	16946	39609	
		$\Sigma\Phi_S$ * t [kWh]	12146	6479	3601	5985	7959	12608	28519	
opake Bauteile		$\Sigma\Phi_S$ [W]	59	-186	-320	-218	-100	89	781	

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

Die solaren Wärmegewinne über opake Bauteile werden als negative Wärmeverluste mit $\eta = 1$ berechnet und in $\Sigma L_D \cdot \Delta T \cdot d$ berücksichtigt.

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit

Vereinfachter Ansatz für leichte Gebäude ohne massive Innenbauteile oder mit abgehängten Decken 15 Wh/m³K

$c_{\text{wirk}} = 15,0 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$, $c_{\text{wirk}} \cdot V_e = 219.855 \text{ Wh/K}$

Parameter $a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot \tau_0) = 1 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot 16) = 1 + 13741 / H$ (Gl.75, monatlich)

Heizunterbrechung

Abschaltbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, D.3 und Anhang C)

Nachtabenkung für $t_u = 7,0$ Stunden

Mindest-Innentemperatur $\theta_{isb} = 15,0$ °C

Heizungsanlage mit Nennleistung $\Phi_{pp} = 1.5 \cdot (H_T + H_V) \cdot 31 = 228.517$ W (automatisch aktualisiert, darin H_V mit Luftwechselrate $n = 0.5$)

Abschaltbetrieb

Interne Gewinne während der Nachtabenkung $\Phi_g = 23451$ W, Luftwechselrate $n = 0,50$

Wirksame Wärmespeicherkapazität $C_{\text{wirk, Heizunterbrechung}} = 12,0 \cdot V_e = 175.884$ Wh/K

	θ_e °C	θ_{inh} °C	θ_{i1} °C	t_{nh} h	t_{sb} h	t_{bh} h	θ_{co} °C	θ_{c1} °C	θ_{c2} °C	θ_{c3} °C	ΔQ_{ilj} °C	ΔQ_{il} kWh	
Jan	-1,3	-1,3	14,9	6,8	0,2	2,7	18,9	15,5	15,4	17,9	99,0	3070	
Feb	0,6	0,6	15,3	7,0	0,0	2,2	18,9	15,8	15,8	17,8	86,1	2412	
Mär	4,1	4,1	16,0	7,0	0,0	1,3	19,0	16,4	16,4	17,7	65,3	2024	
Apr	9,5	9,5	17,1	7,0	0,0	0,2	19,0	17,3	17,3	17,5	39,1	1174	
Mai	12,9	12,9	17,8	7,0	0,0	0,0	19,0	17,9	17,9	17,9	25,1	777	
Jun	15,7	15,7	18,3	7,0	0,0	0,0	19,0	18,4	18,4	18,4	13,6	407	
Jul	18,0	18,0	18,8	7,0	0,0	0,0	19,0	18,8	18,8	18,8	4,1	127	
Aug	18,3	18,3	18,9	7,0	0,0	0,0	19,0	18,9	18,9	18,9	2,9	89	
Sep	14,4	14,4	18,1	7,0	0,0	0,0	19,0	18,2	18,2	18,2	18,9	567	
Okt	9,1	9,1	17,0	7,0	0,0	0,3	19,0	17,3	17,3	17,6	40,9	1267	
Nov	4,7	4,7	16,1	7,0	0,0	1,2	19,0	16,5	16,5	17,7	62,1	1862	
Dez	1,3	1,3	15,5	7,0	0,0	2,0	18,9	15,9	15,9	17,8	81,7	2532	

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung

$$\Delta Q_{ilj} = H_{sb} \cdot [(\theta_{io} - \theta_{inh}) \cdot t_{nh} + (\theta_{io} - \theta_{sb}) \cdot t_{isb} + (\theta_{io} - \theta_{ipp}) \cdot t_{bh}] - C \cdot \zeta \cdot (\theta_{co} - \theta_{c1} + \theta_{c2} - \theta_{c3})$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat $\Delta Q_{il} = \Delta Q_{ilj} \cdot \dots$ Tage

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr $Q_{NA} = \Sigma \Delta Q_{il} = 16308,4$ kWh/a

H_V Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung = $0.34 \cdot 0.50 \cdot V_L = 1.993$ W/K

H_{sb} Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung = $H_T + H_V = 4.914$ W/K

H_{ic} Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum = $4 \cdot A_N / 0.13 = 144.315$ W/K

H_W Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile (60 kg/m²)

$$H_W = 31,2 + 19,1 + 197,8 + 10,0 + 5,2 + 29,1 + 19,1 + 203,0 + 0,5 + 5,2 + 10,0 + 0,2 + 3,0 + 10,9 + 36,4 + 68,8 + 15,7 + 11,0 + 130,1 + 12,6 + 12,5 + 26,0 + 11,0 + 182,2 + 6,2 + 0,3 + 6,2 + 13,8 + 0,2 + 13,5 + 11,0 + 57,3 + 12,5 + 27,6 + 13,7 + 88,5 + 56,2 + 25,6 + 9,8 + 12,5 + 26,0 + 10,6 + 150,7 + 6,2 + 9,7 + 1,1 + 15,6 + 5,6 + 10,5 + 1,0 + 6,2 + 0,8 + 10,4 + 0,7 + 1,4 + 1,4 + 26,2 + 11,0 + 36,4 + 12,5 + 9,4 + 109,3 + 56,2 + 278,3 + 8,3 + 155,9 + 18,7 + 24,3 + 0,7 + 10,4 + 9,4 + 0,9 + 15,6 + 6,2 + 9,8 + 20,8 + 1,4 + 0,7 + 1,4 + 1,0 + 5,6 = 2.494$$
 W/K

H_{ce} Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen

$$H_{ce} = H_{ic} \cdot (H_{sb} - H_W - H_V) / (H_{ic} - H_{sb} + H_W + H_V) = 428$$
 W/K

ζ Wirksamer Anteil der Wärmespeicherkapazität = $H_{ic} / (H_{ic} + H_{ce}) = 1,00$

ξ Verhältniswert = $H_{ic} / (H_{ic} + H_W + H_V) = 1,00$

τ_p Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung = $\zeta \cdot C / (\xi \cdot H_{sb}) = 36,79$

τ_T Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur = $\zeta \cdot C / (H_{ce} + H_{ic}) = 1,21$

θ_e Außentemperatur

θ_{inh} niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb θ_e , abgesenkt $\theta_e \cdot \Phi_{rp} / H_{sb}$)

θ_{ipp} höchstmögliche Innentemperatur ($\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$)

θ_{i1} Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase = $\theta_{inh} + \xi \cdot (\theta_{co} - \theta_{cnh}) \cdot \exp(-t_{nh} / \tau_p)$

t_{nh} Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

t_{sb} Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

t_{bh} Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

θ_{co} Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ($\theta_e + \zeta \cdot (\theta_{i0} - \theta_e)$)

θ_{c1} Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

θ_{c2} Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

θ_{c3} Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

ΔQ_{ij} Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

Heizwärmebedarf

Transmissionsverluste	$Q_t = (\Sigma L_D) \cdot \Delta T \cdot d - Q_{S,op} \cdot d - \Delta Q_{il}$
Transmissionswärmeverluste	$\Sigma L_D = 2921 \text{ W/K}$
Heizunterbrechung	ΔQ_{il} monatlich
Lüftungswärmeverluste	$H_V = 2193 \text{ W/K}$
Interne Gewinne	$\Phi_{i,M} = 23451 \text{ W}$
Solare Gewinne	$\Phi_s [W]$ (monatlich)
Ausnutzungsgrad	$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ (a sh. c_{wirk})
	$\gamma = Q_g / Q_l$ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5)

	t_A °C	Q_t kWh	$H_V \cdot \Delta T \cdot d$ kWh	$\Phi_{i,M} \cdot d \cdot \eta$ kWh	$\Phi_s \cdot d \cdot \eta$ kWh	η	Q_h kWh
Jan	-1,3	41.208	33.117	17.278	5.927	0,99	51.120
Feb	0,6	33.773	27.112	15.458	7.807	0,98	37.620
Mär	4,1	30.291	24.307	16.523	11.940	0,95	26.135
Apr	9,5	18.243	14.998	10.996	18.573	0,65	3.672
Mai	12,9	11.833	9.951	7.626	13.511	0,44	648
Jun	15,7	5.730	5.210	3.600	7.310	0,21	29
Jul	18,0	1.200	1.631	910	1.921	0,05	0
Aug	18,3	919	1.142	806	1.255	0,05	0
Sep	14,4	8.789	7.262	7.047	8.594	0,42	410
Okt	9,1	20.204	16.150	14.992	10.437	0,86	10.926
Nov	4,7	28.347	22.576	16.354	6.276	0,97	28.293
Dez	1,3	36.172	28.875	17.263	3.563	0,99	44.221
	8,9	236.708	192.332	128.853	97.112		203.075

Jahres-Heizwärmebedarf $Q_h = 203.075 \text{ kWh/a}$ ($q_h = 43,3 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$)
 Heizzeit vom 19.10. bis 19.4. (182 Tage, Gl.27, Orientierungsgröße informativ)
 erforderliche Heizleistung, Orientierungswert 229 kW (kein Bemessungswert)

Berechnungsgang für den Monat Januar

$$Q_t = (2921,0) \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 + 217,6 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 - 3070,1 = 41208,2 \text{ kWh}$$

$$H_V \cdot \Delta T \cdot d = 2192,7 \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 33116,8 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{i,M} \cdot d = 23451,2 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 17447,7 \text{ kWh}$$

$$\Phi_s \cdot d = 8044,9 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 5985,4 \text{ kWh}$$

$$\gamma = (17447,7 + 5985,4) / (41208,2 + 33116,6) = 0,32 \quad a = 1 + 219855 / (2921,0 + 2192,7) / 16 = 3,69$$

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) = 0,990 / 0,981 / 0,947 / 0,651 / 0,437 \text{ (Jan / Feb / Mrz / Apr / Mai)}$$

Wärmebedarf für Warmwasserbereitung

pauschaler Ansatz $12,5 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (öffentlich-rechtlicher Nachweis)

$$Q_{tw} = A_N \cdot q_{tw} = 4.690 \cdot 12,5 = 58.628 \text{ kWh/a}$$

Anlagentechnik (DIN V 4701-10)

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)

Heizung: ... Lüftungsanlage ... Warmwasser: mit Zirkulation - Energieträger: [Nah- / Fernwärme], Strom

Anlagen-Aufwandszahl $e_p = 0,83$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal $Q_{WE,E} = 305.058 \text{ kWh/a}$ ($65,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$)

Hilfsenergie, lokal $Q_{HE,E} = 9.175 \text{ kWh/a}$ ($2,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$)

EnEV-Nachweis (2009)

zulässiger, spezifischer Transmissionswärmeverlust für ein Wohngebäude
 zul $H_T' = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EnEV '09, A1, Tab.2, freistehende Wohngebäude über 350 m²)
 vorh $H_T' = 2921,0 / 5959,6 = 0,49 \leq 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Grenzwert wird eingehalten

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs
 vorh. $Q_p = (Q_h + Q_w) \cdot e_p = (203.075 + 58.628) \cdot 0,83 = 216.041 \text{ kWh/a}$, $A_N = 4.690 \text{ m}^2$
 $q_{p,Ref}$ aus der Berechnung zum Referenzgebäude "Gebäude-1-REFERENZ-WG2009"
 vorh $q_p = 216041 / 4690,2 = 46,1 \leq 67,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} = q_{p,Ref}$

Grenzwert wird eingehalten

KfW-Förderprogramme

Die Förderprogramme der Kreditanstalt für Wiederaufbau zur CO₂ - Minderung durch Gebäudesanierung sind an die Einhaltung / Unterschreitung der nachfolgend aufgeführten Grenzwerte gebunden.

Förderprogramme für Energieeffizientes Bauen (Programm Nr. 153, Stand 04/2012)
 Referenzberechnung = "Gebäude-1-REFERENZ-WG2009"

	REF	%	Q_p' kWh/(m ² a)	REF	%	H_T' W/(m ² K)
vorhanden	69	%	46,1	80	%	0,490
Referenzgebäude	100	%	67,0	100	%	0,613
zul H_T' EnEV'09						0,500
KfW Anforderungen ...						
KfW Effizienzhaus 70	70	%	46,9			0,500 erfüllt
KfW Effizienzhaus 55	55	%	36,8	70	%	0,429 nicht erfüllt
KfW Effizienzhaus 40	40	%	26,8	55	%	0,337 nicht erfüllt

Förderung von "Passivhäusern" wie "KfW Effizienzhäuser 55"

"KfW Effizienzhaus 70" ... **OK**

Fensterflächenanteil

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen enthalten 3284 m² Fassadenflächen, davon 1567 m² Wandflächen und 1717 m² Fensterflächen. Der Fensterflächenanteil beträgt **52%**.

Die Sonneneintragskennwerte sind nach DIN 4108-2:2003 zu begrenzen (EnEV 2009)

Haus- und Anlagentechnik (Wohngebäude)**Projekt** Studentendorf Plänterwald - BT1

zur Gebäudeberechnung "Gebäude-1"

Primär- und Endenergiebedarf

**Anlagenkurzbeschreibung**mit Endenergie versorgter Bereich $A_N = 4690 \text{ m}^2$ Heizwärmebedarf $q_h = 43,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, Trinkwasserwärmebedarf $q_{tw} = 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Tabellenverfahren nach DIN V 4701-10 Anhang C.3

Heizung: ... Lüftungsanlage ... Warmwasser: mit Zirkulation ... Energieträger: [Nah- / Fernwärme], Strom

Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl ep Aufwandszahlen e_i und Energieverluste der Erzeugung, Speicherung und Verteilung, Wärmegutschriften, Hilfsenergiebedarf, Deckungsanteile α und Primärenergiefaktoren f_p .

Verwendete Indizes: P-Primärenergie, E-Endenergie, HE-Hilfsenergie, TW-Trinkwarmwasser, L-Lüftung, H-Heizung.

Zur Berechnung der Anlagenaufwandszahl nach DIN V 4701-10 mit Tabellenwerten wird eine Heizzeit von 185 Tagen zu Grunde gelegt.

Detailliert berechnete Anlagen-Kenngrößen liegen nicht vor.

Anlage zur Warmwasserbereitungmit Trinkwarmwasser versorgter Bereich $A_N = 4690 \text{ m}^2$

Trinkwasserwärmebedarf $q_{TW} = 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Gutschrift $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Hilfsenergie $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	α [%]	f_p	Anm.
Erzeuger I	1,14			0,40	100	0,63	901
Speicher		0,5	0,2	0,04			30
Verteilung		6,3	2,8	0,11			20
Erzeuger II							
		6,8	3,0	0,55	100		

901) Nah- / Fernwärme, Aufwandszahl $e_{TW,g}$ und Hilfsenergiebedarf $q_{TW,g,HE}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-4e (manuell)

[Nah- / Fernwärme]

30) Indirekt beheizter Speicher innen, Wärmeverlust $q_{TW,s}$, Wärmegutschrift $q_{h,TW,s}$ und Hilfsenergiebedarf $q_{TW,s,HE}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-3a20) Gebäudezentrale TW-Verteilung mit Zirkulation, weniger als 10 m Verteilleitungen außen, Steigleitungen im nicht belüfteten Schacht, Wärmeverlust $q_{TW,d}$, Wärmegutschrift $q_{h,TW,d}$ und Hilfsenergiebedarf $q_{TW,d,HE}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-2a / C.1-2b**Primär- und Endenergiebedarf für Trinkwasserbereitung**

Gl. 4.2-3, Aufwandszahl * Primärenergiefaktor $\Sigma(e_{TW,g,i} * \alpha_{TW,g,i} * f_{p,i})$	0,72
Gl. 4.2-3, Primärenergiebedarf $q_{TW,P} = (12,5 + 6,8) * 0,72$	13,9 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-4, Heizwärmegutschrift $q_{h,TW} = 3,0$	3,0 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{TW,HE} = 0,40 + 0,04 + 0,11$	0,6 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{TW,HE,P} = 0,6 * 2,6$	1,4 kWh/(m²a)

Endenergiebedarf $Q_{TW,E} = (12,5 + 6,8) * (1,14 + 0,00) * 4690$ 103.327 kWh/aHilfsendenergiebedarf $Q_{TW,HE,E} = 0,6 * 4690$ 2.591 kWh/a**Lüftungsanlage**belüfteter Bereich $A_N = 4690 \text{ m}^2$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Heizbeitrag $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Hilfsenergie $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	α [%]	f_p	Anm.
Lüftungsanlage				1,10		2,60	111
L/L-Wärmepumpe							
Heizregister							
Verteilung							
Übergabe							166
				1,10			

111) Abluftanlage mit DC-Ventilatoren, Hilfsenergiebedarf $q_{L,g,HE,WRG}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.2-3c [Strom]166) Wohnungslüftungsanlagen mit Lufttemperaturen $< 20^\circ\text{C}$, Wärmeverlust $q_{L,ce,WE}$ der Wärmeübergabe nach DIN V 4701-10, Tab. C.2-1

Gl. 4.2-12, Heizwärmebeitrag $q_{h,L} = 0,0 - 0,0$	0,0 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-13, Hilfsenergiebedarf $q_{L,HE,P} = 1,1 * 2,6$	2,9 kWh/(m²a)

Hilfsendenergiebedarf $Q_{L,HE,E} = 1,1 * 4690$ 5.159 kWh/a**Heizungsanlage**beheizter Bereich $A_N = 4690 \text{ m}^2$ Heizwärmebedarf $q_h = 43,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ verbleibender Bedarf $q_{h,0} = 43,3 - 3,0 - 0,0 = 40,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Hilfsenergie $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	α %	f_p	Anm.
-------------	---------------------	--	---	---------------	-------	------

Erzeuger I	1,01		100	0,63	913
Erzeuger II					
Speicher					
Verteilung	1,2	0,30			224
Übergabe	1,1				244
	2,3	0,30	100		

913) Nah- oder Fernwärme, Aufwandszahl e_g nach DIN V 4701-10 Abs.5.3.4.2.4 (manuell) [Nah- / Fernwärme]

224) horizontale Verteilung innen, Steiger innenliegend, Systemtemperaturen 55/45 °C, geregelte Pumpe, Wärmeverluste der Verteilungen q_d und Hilfsenergiebedarf $q_{d,HE}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.3-2

244) freie Heizflächen im Außenwandbereich, Thermostatventile mit Auslegungs-Proportionalbereich 1 Kelvin, Wärmeverlust q_{ce} nach DIN V 4701-10 Tab. C.3-1

Primär- und Endenergiebedarf für Heizung

Gl. 4.2-18, benötigte Heizwärme $q_{h,0} = q_h - q_{h,TW} - q_{h,L} = 43,3 - 3,0 - 0,0$	40,3 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-18, Aufwandszahl * Primärenergiefaktor $\Sigma(e_{H,g,i} * \alpha_{H,g,i} * f_{P,i})$	0,64
Gl. 4.2-18, Primärenergiebedarf $q_{H,P} = (40,3 + 2,3) * 0,64$	27,1 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-19, Hilfsenergiebedarf $q_{H,HE,P} = (+0,3) * 2,6$	0,8 kWh/(m²a)

Endenergiebedarf $Q_{H,E} = (40,3 + 2,3) * (1,01 + 0,00) * 4690$	201.731 kWh/a
Hilfsendenergiebedarf $Q_{H,HE,E} = 0,3 * 4690$	1.425 kWh/a

Anlagen-Aufwandszahl

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung.

$Q_P = (13,9 + 1,4) * 4.690 + (0,0 + 2,9) * 4.690 + (27,1 + 0,8) * 4.690$	216.041 kWh/a
Heizwärmebedarf $Q_h = q_h * A_N = 43,3 * 4690$	203.075 kWh/a
Trinkwasserwärmebedarf $Q_{tw} = q_{tw} * A_N = 12,5 * 4690$	58.628 kWh/a

Anlagen-Aufwandszahl $e_p = Q_P / (Q_h + Q_{tw}) = 216.041 / (203.075 + 58.628)$	0,83
--	-------------

Primärenergie $Q_P = 216.041$ kWh/a (46,1 kWh/(m²a))

Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal $Q_{WE,E} = 103.327 + 201.731 = 305.058$ kWh/a (65,0 kWh/(m²a))

Hilfsendenergie, lokal $Q_{HE,E} = 2.591 + 5.159 + 1.425 = 9.175$ kWh/a (2,0 kWh/(m²a))

Energiebedarf nach Energieträgern

Bedarfswerte auch für den Energieausweis

Energieträger	Endenergie kWh/a		f_p	Primärenergie kWh/a	
[Nah- / Fernwärme]	305.060	97 %	0,6	192.188	89 %
Hilfsenergie (Strom)	9.175	3 %	2,6	23.855	11 %
	314.235	100 %		216.043	100 %

Endenergie nach Energieträgern	Heizung kWh/ (m²a)	Warmwasser kWh/ (m²a)	Lüftung kWh/ (m²a)	Summe kWh/ (m²a)
[Nah- / Fernwärme]	43,0	22,0	0,0	65,0
Hilfsenergie Strom	0,3	0,6	1,1	1,9

Nutzungspflicht für Erneuerbare Energien (EEWärmeG)

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = 305.058 = 305.058 kWh/Jahr (mit Solar-, Umwelt- und Abwärme sowie Kälteenergie)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen:

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil erzielt	Deckungsanteil gefordert	Nutzungs- anteil
Fernwärme [Nah- / Fernwärm	305.060	50,0 %	50,0 %	100,0 %
				100,0 %

Deckungsanteil durch Einsparung von Energie		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung erzielt	Unterschreitung gefordert	Nutzungs- anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,50	0,49	2,0 %	15,0 %	
QP	kWh/(m²a)	67,0	46,1	31,2 %	15,0 %	13,2 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 113,2 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

Die Anforderungen aus dem EEWärmeG 2011 **werden erfüllt**

Nutzungsanteile aus Fernwärme dürfen bilanziert werden, wenn das Heizwerk mit erneuerbaren Brennstoffen, KWK oder Abwärmenutzung arbeitet. Der Nutzungspflichtanteil richtet sich nach dem verwendeten Energieträger. Angerechnet wird nur die Energiemenge, die aus erneuerbaren Energiequellen / Ersatzmaßnahmen stammt.

Anhang C

Referenzberechnung

Heizwärme- und Primärenergiebedarf**Projekt:** Studentendorf Plänterwald - BT1

Maßgebende Normen und Verordnungen:

EnEV 2009 (DIN 4108-6 / DIN 4701-10 - Verfahren für Wohngebäude)

DIN V 4108-6:2003, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

DIN V 4108-2:2003, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN V 4701-10:2003, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen

DIN V 4701-12:2004, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand

DIN EN 832:2003, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude

DIN EN ISO 6946:2008, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:1999, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:1998, Wärmeübertragung über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2006, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

Gebäudeberechnung "Gebäude-1-REFERENZ-WG2009"Nachweisverfahren **Referenzwertverfahren** für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nach EnEV '09

§3 und A1, 2.1.2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und des spezifischen

Transmissionswärmeverlustes der thermischen Hülle

Verfahren nach DIN V 4108-6 / DIN V 4701-10 für Wohngebäude

Allgemeine Hinweise und Erläuterungen

Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort "**Deutschland**", 50°,00' nördl. Breite, Region 0, $T_a(\text{im Jahresmittel}) = 8,9^\circ\text{C}$

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + 0.05)$ **Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle**

Hüllfläche	A m ²	U W / (m ² K)	F _x	Anmerkung	L _D W/K
Stockwerk: EG					
0101-0 FAW AW01 Süd	115,2	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	38,0
0102-0 FAW AW03 Ost	70,6	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	23,3
a 0102 FF FE01 Ost	197,8	1,300	1,00 F _F	90 51 02	267,0
0103-0 FAW AW02 Ost	36,9	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	12,2
a 0103 FF FE01 Ost	5,2	1,300	1,00 F _F	90 51 02	7,0
0104-0 FG BP01	1169,7	0,350	0,90 F _G	90 51 25 22	426,9
0105-0 FAW AW01 Nord	107,4	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	35,4
0106-0 FAW AW03 West	70,6	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	23,3
a 0106 FF FE01 West	203,0	1,300	1,00 F _F	90 51 02	274,1
0107-0 FAW AW03 Nord	1,7	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	0,6
a 0107 FF FE01 Nord	5,2	1,300	1,00 F _F	90 51 02	7,0
0108-0 FAW AW02 West	36,9	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	12,2
0109-0 FAW AW02 Nord	0,9	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	0,3
0110-0 FD DA02	12,0	0,200	1,00 F _D	90 51 02	3,0
Stockwerk: OG1					
0111-0 FAW AW03 Ost	40,1	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	13,2
a 0111 FF FE01 Ost	36,4	1,300	1,00 F _F	90 51 02	49,1
a 0111 FF FE02 Ost	57,3	1,300	1,00 F _F	90 51 02	77,4
0112-0 FAW AW01 Süd	57,9	0,280	1,00 F _{AW}	90 51 02	19,1

0113-0 FAW AW02 Ost	40,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	13,4
a 0113 FF FE01 Ost	130,1	1,300	1,00	FF	90 51 02	175,6
0114-0 Fe DE01	132,0	0,280	1,00	FD	90 51	43,6
0115-0 FAW AW03 West	46,3	0,280	1,00	FAW	90 51 02	15,3
a 0115 FF FE02 West	10,4	1,300	1,00	FF	90 51 02	14,0
a 0115 FF FE01 West	26,0	1,300	1,00	FF	90 51 02	35,1
0116-0 FAW AW02 West	40,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	13,4
a 0116 FF FE01 West	182,2	1,300	1,00	FF	90 51 02	246,0
a 0116 FF FE02 West	5,2	1,300	1,00	FF	90 51 02	7,0
0117-0 FAW AW03 Nord	1,0	0,280	1,00	FAW	90 51 02	0,3
a 0117 FF FE02 Nord	5,2	1,300	1,00	FF	90 51 02	7,0
0118-0 FAW AW01 Nord	50,8	0,280	1,00	FAW	90 51 02	16,8
0119-0 FAW AW02 Nord	0,9	0,280	1,00	FAW	90 51 02	0,3
0120-0 FD DA02	54,0	0,200	1,00	FD	90 51 02	13,5

Stockwerk: OG2

0121-0 FAW AW02 Ost	40,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	13,4
a 0121 FF FE01 Ost	57,3	1,300	1,00	FF	90 51 02	77,4
a 0121 FF FE02 Ost	10,4	1,300	1,00	FF	90 51 02	14,0
0122-0 FAW AW01 Süd	101,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	33,5
0123-0 FAW AW03 Ost	50,4	0,280	1,00	FAW	90 51 02	16,6
a 0123 FF FE01 Ost	88,5	1,300	1,00	FF	90 51 02	119,5
a 0123 FF FE02 Ost	46,8	1,300	1,00	FF	90 51 02	63,2
0124-0 Fe DE01	36,0	0,280	1,00	FD	90 51	11,9
0125-0 FAW AW01 Nord	94,5	0,280	1,00	FAW	90 51 02	31,2
0126-0 FAW AW02 West	36,2	0,280	1,00	FAW	90 51 02	11,9
a 0126 FF FE02 West	10,4	1,300	1,00	FF	90 51 02	14,0
a 0126 FF FE01 West	26,0	1,300	1,00	FF	90 51 02	35,1
0127-0 FAW AW03 West	39,1	0,280	1,00	FAW	90 51 02	12,9
a 0127 FF FE01 West	150,7	1,300	1,00	FF	90 51 02	203,4
a 0127 FF FE02 West	5,2	1,300	1,00	FF	90 51 02	7,0
0128-0 FAW AW01 West	35,9	0,280	1,00	FAW	90 51 02	11,8
0129-0 FAW AW03 Nord	4,1	0,280	1,00	FAW	90 51 02	1,4
a 0129 FF FE01 Nord	15,6	1,300	1,00	FF	90 51 02	21,1
0130-0 FAW AW04 Ost	20,8	0,280	1,00	FAW	90 51 02	6,9
0131-0 FD DA02	42,0	0,200	1,00	FD	90 51 02	10,5
0132-0 FAW AW02 Nord	3,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	1,2
a 0132 FF FE02 Nord	5,2	1,300	1,00	FF	90 51 02	7,0
0133-0 FAW AW03 Süd	3,1	0,280	1,00	FAW	90 51 02	1,0
a 0133 FF FE01 Süd	10,4	1,300	1,00	FF	90 51 02	14,0
0134-0 FAW AW02 Süd	2,7	0,280	1,00	FAW	90 51 02	0,9
0135-0 FAW AW04 Süd	5,2	0,280	1,00	FAW	90 51 02	1,7
0136-0 FAW AW04 West	5,2	0,280	1,00	FAW	90 51 02	1,7

Stockwerk: OG3

0137-0 FAW AW01 Süd	96,5	0,280	1,00	FAW	90 51 02	31,8
0138-0 FAW AW02 Ost	40,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	13,4
a 0138 FF FE01 Ost	36,4	1,300	1,00	FF	90 51 02	49,1
a 0138 FF FE02 Ost	10,4	1,300	1,00	FF	90 51 02	14,0
0139-0 FAW AW03 Ost	34,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	11,4
a 0139 FF FE01 Ost	109,3	1,300	1,00	FF	90 51 02	147,6
a 0139 FF FE02 Ost	46,8	1,300	1,00	FF	90 51 02	63,2
0140-0 FD DA01	1229,7	0,200	1,00	FD	90 51 02	307,4
0141-0 FAW AW03 West	30,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	10,1
a 0141 FF FE01 West	155,9	1,300	1,00	FF	90 51 02	210,5
a 0141 FF FE02 West	15,6	1,300	1,00	FF	90 51 02	21,1
0142-0 FAW AW01 Nord	89,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	29,6
0143-0 FAW AW03 Süd	2,4	0,280	1,00	FAW	90 51 02	0,8

a 0143 FF FE01 Süd	10,4	1,300	1,00	FF	90 51 02	14,0
0144-0 FAW AW01 West	34,7	0,280	1,00	FAW	90 51 02	11,5
0145-0 FAW AW03 Nord	3,2	0,280	1,00	FAW	90 51 02	1,1
a 0145 FF FE01 Nord	15,6	1,300	1,00	FF	90 51 02	21,1
a 0145 FF FE02 Nord	5,2	1,300	1,00	FF	90 51 02	7,0
0146-0 FAW AW02 West	36,2	0,280	1,00	FAW	90 51 02	11,9
a 0146 FF FE01 West	20,8	1,300	1,00	FF	90 51 02	28,1
0147-0 FAW AW04 West	5,2	0,280	1,00	FAW	90 51 02	1,7
0148-0 FAW AW02 Süd	2,7	0,280	1,00	FAW	90 51 02	0,9
0149-0 FAW AW04 Süd	5,2	0,280	1,00	FAW	90 51 02	1,7
0150-0 FAW AW02 Nord	3,6	0,280	1,00	FAW	90 51 02	1,2
0151-0 FAW AW04 Ost	20,8	0,280	1,00	FAW	90 51 02	6,9

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 5.959,6 \quad \Sigma L_D + H_u + L_S \text{ [W/K]} = 3.651,8$$

darin enthaltene Wärmebrückenzuschläge $L_{D,WB} = 298,0 \text{ W/K}$ (8,2%)

Bodenplattenmaß $B' = A_G / (0.5 P) = 1170 / 135 = 8,67 \text{ m}$ (DIN V 4108-6, E.3)

Anmerkungen

- 01 Fx-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 22 Aufgeständerter Fußboden.
- 25 Fx-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß $B' = 1169,7 / 134,9 = 8,67$.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ pauschal berücksichtigt. Die Konstruktionshinweise nach DIN 4108, Bbl.2 werden eingehalten.
- 90 U-Wert = Referenzwert nach EnEV'09, A1, Tab.1

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.28)

$$H_T = \Sigma U_i \cdot A_i + H_u + L_S + H_{WB} + \Delta H_{T,FH} = 3651,8 \text{ W/K} \quad (0,61 \text{ W/(m}^2\text{K)})$$

Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen

Bezeichnung	Volumenermittlung	V [m³]
1 Bauteil 1	14657	14657,0
2		

Beheiztes Gebäudevolumen	$V_e =$	14.657 m³
Gebäudenutzfläche	$A_N = 0,32 \cdot V_e =$	4.690 m²
beheiztes Luftvolumen	$V_L = 0,80 \cdot V_e =$	11.726 m³

Lüftungswärmeverluste

Luftvolumen	Netto-Luftvolumen $V_N = V_L = 11726 \text{ m}^3$
Lüftung	Abluftanlage ohne WRG DIN V 4108-6 D.3
	$n_{Anl} = 0,40; n_x = 0,15 \Rightarrow n = n_{Anl} + n_x = 0,55 \text{ h}^{-1}$

Spezifischer Lüftungswärmeverlust $H_V = 0.34 \cdot n \cdot V_N = 2192,7 \text{ W/K}$ (DIN V 4108-6, 6.2)

Die Dichtheit des Gebäudes mit raumlüftungstechnischen Anlagen wurde nach EnEV A4 überprüft.

Interne Wärmegewinne

Nutzfläche

 $A_N = 0,32 \cdot V = 4.690 \text{ m}^2$

Wärmeleistung

Wohngebäude (Anhang D.3), $q_{i,M} = 5,0 \text{ W/m}^2$ Brutto-Wärmegewinne $\Phi_{i,M} = q_{i,M} \cdot A_N = 23.451 \text{ W}$ (DIN V 4108-6, 6.3)**Solare Wärmegewinne**Effektive Kollektorflächen A_s für Deutschland, nördliche Breite $50^\circ, 00'$

Kollektorfläche	A [m ²]		g _⊥	F _F	F _C	F _H	F _O	F _f	A _s
Fenster									
a 0102 FF FE01 O	197,8	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			67,3
a 0103 FF FE01 O	5,2	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			1,8
a 0106 FF FE01 W	203,0	West	90°	0,60	0,70	0,90			69,1
a 0107 FF FE01 N	5,2	Nord	90°	0,60	0,70	0,90			1,8
a 0111 FF FE01 O	36,4	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			12,4
a 0111 FF FE02 O	57,3	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			19,5
a 0113 FF FE01 O	130,1	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			44,3
a 0115 FF FE02 W	10,4	West	90°	0,60	0,70	0,90			3,5
a 0115 FF FE01 W	26,0	West	90°	0,60	0,70	0,90			8,8
a 0116 FF FE01 W	182,2	West	90°	0,60	0,70	0,90			62,0
a 0116 FF FE02 W	5,2	West	90°	0,60	0,70	0,90			1,8
a 0117 FF FE02 N	5,2	Nord	90°	0,60	0,70	0,90			1,8
a 0121 FF FE01 O	57,3	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			19,5
a 0121 FF FE02 O	10,4	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			3,5
a 0123 FF FE01 O	88,5	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			30,1
a 0123 FF FE02 O	46,8	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			15,9
a 0126 FF FE02 W	10,4	West	90°	0,60	0,70	0,90			3,5
a 0126 FF FE01 W	26,0	West	90°	0,60	0,70	0,90			8,8
a 0127 FF FE01 W	150,7	West	90°	0,60	0,70	0,90			51,3
a 0127 FF FE02 W	5,2	West	90°	0,60	0,70	0,90			1,8
a 0129 FF FE01 N	15,6	Nord	90°	0,60	0,70	0,90			5,3
a 0132 FF FE02 N	5,2	Nord	90°	0,60	0,70	0,90			1,8
a 0133 FF FE01 S	10,4	Süd	90°	0,60	0,70	0,90			3,5
a 0138 FF FE01 O	36,4	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			12,4
a 0138 FF FE02 O	10,4	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			3,5
a 0139 FF FE01 O	109,3	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			37,2
a 0139 FF FE02 O	46,8	Ost	90°	0,60	0,70	0,90			15,9
a 0141 FF FE01 W	155,9	West	90°	0,60	0,70	0,90			53,0
a 0141 FF FE02 W	15,6	West	90°	0,60	0,70	0,90			5,3
a 0143 FF FE01 S	10,4	Süd	90°	0,60	0,70	0,90			3,5
a 0145 FF FE01 N	15,6	Nord	90°	0,60	0,70	0,90			5,3
a 0145 FF FE02 N	5,2	Nord	90°	0,60	0,70	0,90			1,8
a 0146 FF FE01 W	20,8	West	90°	0,60	0,70	0,90			7,1
andere									
0101-0 FAW AW01	115,2	Süd	90°	1,00		0,90			opak
0102-0 FAW AW03	70,6	Ost	90°	1,00		0,90			opak
0103-0 FAW AW02	36,9	Ost	90°	1,00		0,90			opak
0105-0 FAW AW01	107,4	Nord	90°	1,00		0,90			opak
0106-0 FAW AW03	70,6	West	90°	1,00		0,90			opak
0107-0 FAW AW03	1,7	Nord	90°	1,00		0,90			opak
0108-0 FAW AW02	36,9	West	90°	1,00		0,90			opak
0109-0 FAW AW02	0,9	Nord	90°	1,00		0,90			opak
0110-0 FD DA02	12,0	-	0°	1,00		0,90			opak
0111-0 FAW AW03	40,1	Ost	90°	1,00		0,90			opak
0112-0 FAW AW01	57,9	Süd	90°	1,00		0,90			opak
0113-0 FAW AW02	40,6	Ost	90°	1,00		0,90			opak
0115-0 FAW AW03	46,3	West	90°	1,00		0,90			opak
0116-0 FAW AW02	40,6	West	90°	1,00		0,90			opak
0117-0 FAW AW03	1,0	Nord	90°	1,00		0,90			opak
0118-0 FAW AW01	50,8	Nord	90°	1,00		0,90			opak
0119-0 FAW AW02	0,9	Nord	90°	1,00		0,90			opak
0120-0 FD DA02	54,0	-	0°	1,00		0,90			opak

0121-0	FAW	AW02	40,6	Ost	90°	1,00	0,90	opak
0122-0	FAW	AW01	101,6	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0123-0	FAW	AW03	50,4	Ost	90°	1,00	0,90	opak
0125-0	FAW	AW01	94,5	Nord	90°	1,00	0,90	opak
0126-0	FAW	AW02	36,2	West	90°	1,00	0,90	opak
0127-0	FAW	AW03	39,1	West	90°	1,00	0,90	opak
0128-0	FAW	AW01	35,9	West	90°	1,00	0,90	opak
0129-0	FAW	AW03	4,1	Nord	90°	1,00	0,90	opak
0130-0	FAW	AW04	20,8	Ost	90°	1,00	0,90	opak
0131-0	FD	DA02	42,0	-	0°	1,00	0,90	opak
0132-0	FAW	AW02	3,6	Nord	90°	1,00	0,90	opak
0133-0	FAW	AW03	3,1	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0134-0	FAW	AW02	2,7	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0135-0	FAW	AW04	5,2	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0136-0	FAW	AW04	5,2	West	90°	1,00	0,90	opak
0137-0	FAW	AW01	96,5	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0138-0	FAW	AW02	40,6	Ost	90°	1,00	0,90	opak
0139-0	FAW	AW03	34,6	Ost	90°	1,00	0,90	opak
0140-0	FD	DA01	1229,7	-	0°	1,00	0,90	opak
0141-0	FAW	AW03	30,6	West	90°	1,00	0,90	opak
0142-0	FAW	AW01	89,6	Nord	90°	1,00	0,90	opak
0143-0	FAW	AW03	2,4	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0144-0	FAW	AW01	34,7	West	90°	1,00	0,90	opak
0145-0	FAW	AW03	3,2	Nord	90°	1,00	0,90	opak
0146-0	FAW	AW02	36,2	West	90°	1,00	0,90	opak
0147-0	FAW	AW04	5,2	West	90°	1,00	0,90	opak
0148-0	FAW	AW02	2,7	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0149-0	FAW	AW04	5,2	Süd	90°	1,00	0,90	opak
0150-0	FAW	AW02	3,6	Nord	90°	1,00	0,90	opak
0151-0	FAW	AW04	20,8	Ost	90°	1,00	0,90	opak

$A_S [m^2] = A * 0,90 * g_L * F_F * F_C * F_S$ mit $F_S = F_H * F_O * F_f$ (DIN V 4108-6, Gl.54)
 F_F berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor F_C für permanente Sonnenschutzvorrichtungen,
Teilbestrahlungsfaktoren F_H für Horizontwinkel der Verbauung, F_O für horizontale Überhänge und F_f für seitliche
Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

ohne Sonnenschutz

Die Summe der Teilbestrahlungsfaktoren F_S wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis mit 0.9 angenommen, opake
Bauteile: $Q_{S,op} = U^*A_j / U_e * (\alpha * |s_j - F_f * h_r * \Delta\theta_{er}) * t$ (DIN V 4108-6 Gl.60) mit Absorptionskoeffizient α , Formfaktor $F_f =$
1 bis 45°, 0.5 für senkrechte Flächen, äußerer Abstrahlungskoeffizient $h_r = 5 * 0.8$ und scheinbarer Temperaturdifferenz
zum Himmel $\Delta\theta_{er} = 10 K$.

solare Warmegewinne über opake Bauteile werden bilanziert:

0101-0 FAW AW01 Süd (5), opakes Bauteil mit $\alpha * U / U_e = 50/100 * 0,28/25 = 0,006$
0102-0 FAW AW03 Ost (5), opakes Bauteil mit $\alpha * U / U_e = 50/100 * 0,28/25 = 0,006$
0103-0 FAW AW02 Ost (5), opakes Bauteil mit $\alpha * U / U_e = 50/100 * 0,28/25 = 0,006$
0105-0 FAW AW01 Nord (5), opakes Bauteil mit $\alpha * U / U_e = 50/100 * 0,28/25 = 0,006$
... 44 weitere, opake Bauteile mit solaren Gewinnen

Strahlungsintensitäten I_s für Deutschland DIN V 4108-6, Tab A.1

[W/m²]	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
- 0°	179	135	75	39	22	33	52	82	190
Süd 90°	112	115	81	54	33	56	61	80	137
West 90°	115	90	51	28	15	25	37	53	125
Nord 90°	70	48	33	18	10	14	23	34	64
Ost 90°	115	90	51	28	15	25	37	53	125
Kollektorfläche			Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
Fenster									

a 0102	FF	FE01	Ost	3432	1884	1009	1682	2490	3566	8411
a 0103	FF	FE01	Ost	90	50	27	44	65	94	221
a 0106	FF	FE01	West	3522	1934	1036	1727	2555	3660	8633
a 0107	FF	FE01	Nord	58	32	18	25	41	60	113
a 0111	FF	FE01	Ost	632	347	186	310	458	656	1548
a 0111	FF	FE02	Ost	994	546	292	487	721	1033	2437
a 0113	FF	FE01	Ost	2257	1239	664	1107	1638	2346	5533
a 0115	FF	FE02	West	180	99	53	88	131	188	442
a 0115	FF	FE01	West	451	248	133	221	327	469	1106
a 0116	FF	FE01	West	3161	1736	930	1550	2293	3285	7748
a 0116	FF	FE02	West	90	50	27	44	65	94	221
a 0117	FF	FE02	Nord	58	32	18	25	41	60	113
a 0121	FF	FE01	Ost	994	546	292	487	721	1033	2437
a 0121	FF	FE02	Ost	180	99	53	88	131	188	442
a 0123	FF	FE01	Ost	1535	843	452	753	1114	1596	3763
a 0123	FF	FE02	Ost	812	446	239	398	589	844	1990
a 0126	FF	FE02	West	180	99	53	88	131	188	442
a 0126	FF	FE01	West	451	248	133	221	327	469	1106
a 0127	FF	FE01	West	2615	1436	769	1282	1897	2717	6409
a 0127	FF	FE02	West	90	50	27	44	65	94	221
a 0129	FF	FE01	Nord	175	96	53	74	122	180	340
a 0132	FF	FE02	Nord	58	32	18	25	41	60	113
a 0133	FF	FE01	Süd	287	191	117	198	216	283	485
a 0138	FF	FE01	Ost	632	347	186	310	458	656	1548
a 0138	FF	FE02	Ost	180	99	53	88	131	188	442
a 0139	FF	FE01	Ost	1896	1041	558	930	1376	1971	4648
a 0139	FF	FE02	Ost	812	446	239	398	589	844	1990
a 0141	FF	FE01	West	2705	1485	796	1326	1962	2811	6630
a 0141	FF	FE02	West	271	149	80	133	196	281	663
a 0143	FF	FE01	Süd	287	191	117	198	216	283	485
a 0145	FF	FE01	Nord	175	96	53	74	122	180	340
a 0145	FF	FE02	Nord	58	32	18	25	41	60	113
a 0146	FF	FE01	West	361	198	106	177	262	375	885
andere										
0101-0	FAW	AW01	Süd (opak)	26	9	-5	10	14	26	63
0102-0	FAW	AW03	Ost (opak)	4	-5	-10	-6	-1	5	34
0103-0	FAW	AW02	Ost (opak)	2	-2	-5	-3	-1	3	18
0105-0	FAW	AW01	Nord (opak)	-4	-13	-18	-16	-10	-4	14
0106-0	FAW	AW03	West (opak)	4	-5	-10	-6	-1	5	34
0107-0	FAW	AW03	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0108-0	FAW	AW02	West (opak)	2	-2	-5	-3	-1	3	18
0109-0	FAW	AW02	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0110-0	FD	DA02	(opak)	0	-2	-3	-2	-1	0	5
0111-0	FAW	AW03	Ost (opak)	2	-3	-6	-3	-1	3	19
0112-0	FAW	AW01	Süd (opak)	13	5	-2	5	7	13	31
0113-0	FAW	AW02	Ost (opak)	3	-3	-6	-3	-1	3	19
0115-0	FAW	AW03	West (opak)	3	-3	-6	-4	-1	3	22
0116-0	FAW	AW02	West (opak)	3	-3	-6	-3	-1	3	19
0117-0	FAW	AW03	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0118-0	FAW	AW01	Nord (opak)	-2	-6	-9	-7	-5	-2	7
0119-0	FAW	AW02	Nord (opak)	0	0	0	0	0	0	0
0120-0	FD	DA02	(opak)	-1	-9	-13	-10	-6	0	24
0121-0	FAW	AW02	Ost (opak)	3	-3	-6	-3	-1	3	19
0122-0	FAW	AW01	Süd (opak)	23	8	-4	9	12	23	55
0123-0	FAW	AW03	Ost (opak)	3	-3	-7	-4	-1	4	24
0125-0	FAW	AW01	Nord (opak)	-4	-12	-16	-14	-9	-3	13
0126-0	FAW	AW02	West (opak)	2	-2	-5	-3	-1	3	17
0127-0	FAW	AW03	West (opak)	2	-3	-5	-3	-1	3	19
0128-0	FAW	AW01	West (opak)	2	-2	-5	-3	-1	3	17
0129-0	FAW	AW03	Nord (opak)	0	-1	-1	-1	0	0	1
0130-0	FAW	AW04	Ost (opak)	1	-1	-3	-2	0	2	10
0131-0	FD	DA02	(opak)	-1	-7	-10	-8	-5	0	18
0132-0	FAW	AW02	Nord (opak)	0	0	-1	-1	0	0	0
0133-0	FAW	AW03	Süd (opak)	1	0	0	0	0	1	2
0134-0	FAW	AW02	Süd (opak)	1	0	0	0	0	1	1
0135-0	FAW	AW04	Süd (opak)	1	0	0	0	1	1	3

0136-0 FAW AW04 West (opak)	0	0	-1	0	0	0	2
0137-0 FAW AW01 Süd (opak)	22	8	-4	9	11	22	52
0138-0 FAW AW02 Ost (opak)	3	-3	-6	-3	-1	3	19
0139-0 FAW AW03 Ost (opak)	2	-2	-5	-3	-1	3	16
0140-0 FD DA01 (opak)	-25	-202	-285	-231	-138	10	541
0141-0 FAW AW03 West (opak)	2	-2	-4	-3	-1	2	15
0142-0 FAW AW01 Nord (opak)	-4	-11	-15	-13	-9	-3	12
0143-0 FAW AW03 Süd (opak)	1	0	0	0	0	1	1
0144-0 FAW AW01 West (opak)	2	-2	-5	-3	-1	3	17
0145-0 FAW AW03 Nord (opak)	0	0	-1	0	0	0	0
0146-0 FAW AW02 West (opak)	2	-2	-5	-3	-1	3	17
0147-0 FAW AW04 West (opak)	0	0	-1	0	0	0	2
0148-0 FAW AW02 Süd (opak)	1	0	0	0	0	1	1
0149-0 FAW AW04 Süd (opak)	1	0	0	0	1	1	3
0150-0 FAW AW02 Nord (opak)	0	0	-1	-1	0	0	0
0151-0 FAW AW04 Ost (opak)	1	-1	-3	-2	0	2	10

solare Wärmeströme	$\Sigma \Phi_S$ [W]	29682	16362	8800	14627	21533	30812	72017
	$\Sigma \Phi_S \cdot t$ [kWh]	22084	11780	6547	10882	14470	22924	51852
opake Bauteile	$\Sigma \Phi_S$ [W]	99	-288	-500	-337	-152	146	1238

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

Die solaren Wärmegewinne über opake Bauteile werden als negative Wärmeverluste mit $\eta = 1$ berechnet und in $\Sigma L_D \cdot \Delta T \cdot d$ berücksichtigt.

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit

Vereinfachter Ansatz für leichte Gebäude ohne massive Innenbauteile oder mit abgehängten Decken 15 Wh/m³K

$c_{\text{wirk}} = 15,0 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$, $c_{\text{wirk}} \cdot V_e = 219.855 \text{ Wh/K}$

Parameter $a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot \tau_0) = 1 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot 16) = 1 + 13741 / H$ (Gl.75, monatlich)

Heizunterbrechung

Abschaltbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, D.3 und Anhang C)

Nachtabenkung für $t_u = 7,0$ Stunden

Mindest-Innentemperatur $\theta_{\text{isb}} = 15,0^\circ\text{C}$

Heizungsanlage mit Nennleistung $\Phi_{\text{pp}} = 1,5 \cdot (H_T + H_V) \cdot 31 = 262.501 \text{ W}$ (automatisch aktualisiert, darin H_V mit Luftwechselrate $n = 0,5$)

Abschaltbetrieb

Interne Gewinne während der Nachtabenkung $\Phi_g = 23451 \text{ W}$, Luftwechselrate $n = 0,50$

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit $C_{\text{wirk, Heizunterbrechung}} = 12,0 \cdot V_e = 175.884 \text{ Wh/K}$

	θ_e °C	θ_{inh} °C	θ_{il} °C	t_{nh} h	t_{sb} h	t_{bh} h	θ_{co} °C	θ_{c1} °C	θ_{c2} °C	θ_{c3} °C	ΔQ_{ilj} kWh	ΔQ_{il} kWh
Jan	-1,3	-1,3	14,4	5,8	1,2	2,5	18,9	15,6	15,2	17,7	123,9	3840
Feb	0,6	0,6	14,8	6,6	0,4	2,1	18,9	15,5	15,4	17,7	111,5	3123
Mär	4,1	4,1	15,6	7,0	0,0	1,3	19,0	16,0	16,0	17,6	84,9	2631
Apr	9,5	9,5	16,9	7,0	0,0	0,2	19,0	17,1	17,1	17,4	50,9	1527
Mai	12,9	12,9	17,6	7,0	0,0	0,0	19,0	17,8	17,8	17,8	32,6	1011
Jun	15,7	15,7	18,3	7,0	0,0	0,0	19,0	18,3	18,3	18,3	17,6	529
Jul	18,0	18,0	18,8	7,0	0,0	0,0	19,0	18,8	18,8	18,8	5,3	166
Aug	18,3	18,3	18,8	7,0	0,0	0,0	19,0	18,9	18,9	18,9	3,7	116
Sep	14,4	14,4	18,0	7,0	0,0	0,0	19,0	18,1	18,1	18,1	24,6	738
Okt	9,1	9,1	16,8	7,0	0,0	0,3	19,0	17,0	17,0	17,4	53,2	1648
Nov	4,7	4,7	15,8	7,0	0,0	1,1	19,0	16,2	16,2	17,5	80,7	2420
Dez	1,3	1,3	15,0	7,0	0,0	2,0	18,9	15,5	15,5	17,7	106,1	3290

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung

$$\Delta Q_{\text{ilj}} = H_{\text{sb}} \cdot [(\theta_{\text{io}} - \theta_{\text{inh}}) \cdot t_{\text{nh}} + (\theta_{\text{io}} - \theta_{\text{sb}}) \cdot t_{\text{isb}} + (\theta_{\text{io}} - \theta_{\text{ipp}}) \cdot t_{\text{bh}}] - C \cdot \zeta \cdot (\theta_{\text{co}} - \theta_{\text{c1}} + \theta_{\text{c2}} - \theta_{\text{c3}})$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat $\Delta Q_{ij} = \Delta Q_{ij} \cdot \text{Tage}$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr $Q_{NA} = \Sigma \Delta Q_{ij} = 21038,4 \text{ kWh/a}$

H_V Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung = $0,34 \cdot 0,50 \cdot V_L = 1.993 \text{ W/K}$

H_{sb} Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung = $H_T + H_V = 5.645 \text{ W/K}$

H_{ic} Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum = $4 \cdot A_N / 0,13 = 144.315 \text{ W/K}$

H_W Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile (60 kg/m^2)

$H_W = 38,0 + 23,3 + 267,0 + 12,2 + 7,0 + 35,4 + 23,3 + 274,1 + 0,6 + 7,0 + 12,2 + 0,3 + 3,0 + 13,2 + 49,1 + 77,4 + 19,1 + 13,4 + 175,6 + 15,3 + 14,0 + 35,1 + 13,4 + 246,0 + 7,0 + 0,3 + 7,0 + 16,8 + 0,3 + 13,5 + 13,4 + 77,4 + 14,0 + 33,5 + 16,6 + 119,5 + 63,2 + 31,2 + 11,9 + 14,0 + 35,1 + 12,9 + 203,4 + 7,0 + 11,8 + 1,4 + 21,1 + 6,9 + 10,5 + 1,2 + 7,0 + 1,0 + 14,0 + 0,9 + 1,7 + 1,7 + 31,8 + 13,4 + 49,1 + 14,0 + 11,4 + 147,6 + 63,2 + 307,4 + 10,1 + 210,5 + 21,1 + 29,6 + 0,8 + 14,0 + 11,5 + 1,1 + 21,1 + 7,0 + 11,9 + 28,1 + 1,7 + 0,9 + 1,7 + 1,2 + 6,9 = 3.169 \text{ W/K}$

H_{ce} Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen

$H_{ce} = H_{ic} \cdot (H_{sb} - H_W - H_V) / (H_{ic} - H_{sb} + H_W + H_V) = 484 \text{ W/K}$

ζ Wirksamer Anteil der Wärmespeicherfähigkeit = $H_{ic} / (H_{ic} + H_{ce}) = 1,00$

ξ Verhältniswert = $H_{ic} / (H_{ic} + H_W + H_V) = 1,00$

τ_p Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung = $\zeta \cdot C / (\xi \cdot H_{sb}) = 32,16$

τ_T Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur = $\zeta \cdot C / (H_{ce} + H_{ic}) = 1,21$

θ_e Außentemperatur

θ_{inh} niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb θ_e , abgesenkt $\theta_e \cdot \Phi_{rp} / H_{sb}$)

θ_{ipp} höchstmögliche Innentemperatur ($\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$)

θ_{i1} Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase = $\theta_{inh} + \xi \cdot (\theta_{co} - \theta_{cnh}) \cdot \exp(r \cdot \text{Div}(-t_{nh} / \tau_p))$

t_{nh} Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

t_{sb} Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

t_{bh} Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

θ_{co} Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ($\theta_e + \zeta \cdot (\theta_{i0} - \theta_e)$)

θ_{c1} Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

θ_{c2} Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

θ_{c3} Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

ΔQ_{ij} Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

Heizwärmebedarf für "Deutschland"

Transmissionsverluste

$Q_t = (\Sigma L_D) \cdot \Delta T^* \cdot d - Q_{S,op} \cdot d - \Delta Q_{il}$

Transmissionswärmeverluste

$\Sigma L_D = 3652 \text{ W/K}$

Heizunterbrechung

ΔQ_{il} monatlich

Lüftungswärmeverluste

$H_V = 2193 \text{ W/K}$

Interne Gewinne

$\Phi_{i,M} = 23451 \text{ W}$

Solare Gewinne

Φ_s [W] (monatlich)

Ausnutzungsgrad

$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ (a sh. c_{wirk})

$\gamma = Q_g / Q_i$ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5)

	t_A °C	Q_t kWh	$H_V \cdot \Delta T^* \cdot d$ kWh	$\Phi_{i,M} \cdot d \cdot \eta$ kWh	$\Phi_s \cdot d \cdot \eta$ kWh	η	Q_h kWh
Jan	-1,3	51.565	33.117	17.149	10.696	0,98	56.837
Feb	0,6	42.133	27.112	15.192	13.949	0,96	40.105
Mär	4,1	37.743	24.307	15.741	20.681	0,90	25.628
Apr	9,5	22.560	14.998	8.631	26.505	0,51	2.422
Mai	12,9	14.542	9.951	5.705	18.377	0,33	412
Jun	15,7	6.880	5.210	2.573	9.498	0,15	19
Jul	18,0	1.216	1.631	589	2.258	0,03	0
Aug	18,3	975	1.142	553	1.564	0,03	0
Sep	14,4	10.851	7.262	5.534	12.272	0,33	307
Okt	9,1	25.176	16.150	13.731	17.379	0,79	10.217
Nov	4,7	35.386	22.576	16.039	11.190	0,95	30.733
Dez	1,3	45.172	28.875	17.175	6.445	0,98	50.427
	8,9	294.200	192.332	118.611	150.816		217.106

Jahres-Heizwärmebedarf $Q_h = 217.106 \text{ kWh/a}$ ($q_h = 46,3 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$)
 Heizzeit vom 30.10. bis 13.4. (165 Tage, Gl.27, Orientierungsgröße informativ)
 erforderliche Heizleistung, Orientierungswert 263 kW (kein Bemessungswert)

Berechnungsgang für den Monat Januar

$$Q_t = (3651,8) \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 + 337,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 - 3839,8 = 51565,0 \text{ kWh}$$

$$H_v \cdot \Delta T \cdot d = 2192,7 \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 33116,8 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{i,M} \cdot d = 23451,2 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 17447,7 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{S,d} = 14627,0 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 10882,5 \text{ kWh}$$

$$\gamma = (17447,7 + 10882,5) / (51565,4 + 33116,6) = 0,33 \quad a = 1 + 219855 / (3651,8 + 2192,7) / 16 = 3,35$$

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) = 0,983 / 0,964 / 0,902 / 0,511 / 0,327 \text{ (Jan / Feb / Mrz / Apr / Mai)}$$

Wärmebedarf für Warmwasserbereitung

pauschaler Ansatz $12,5 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (öffentlich-rechtlicher Nachweis)

$$Q_{tw} = A_N \cdot q_{tw} = 4.690 \cdot 12,5 = 58.628 \text{ kWh/a}$$

Anlagentechnik (DIN V 4701-10)

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)

Heizung: BW-Kessel außen ... Lüftungsanlage ... Warmwasser: BW-Kessel mit Zirkulation -
 Energieträger: [Heizöl], Strom

Anlagen-Aufwandszahl $e_p = 1,14$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal $Q_{WE,E} = 300.802 \text{ kWh/a}$ ($64,1 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$)

Hilfsenergie, lokal $Q_{HE,E} = 8.379 \text{ kWh/a}$ ($1,8 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$)

Referenzwert nach EnEV

Referenzwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs

$$Q_{p,REF} = (Q_h + Q_w) \cdot e_p / A_N = (217.106 + 58.628) \cdot 1,14 / 4.690,2 = 67,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

Fensterflächenanteil

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen enthalten 3284 m^2 Fassadenflächen, davon 1567 m^2 Wandflächen und 1717 m^2 Fensterflächen. Der Fensterflächenanteil beträgt **52%**.

Die Sonneneintragskennwerte sind nach DIN 4108-2:2003 zu begrenzen (EnEV 2009)

Haus- und Anlagentechnik (Wohngebäude)**Projekt** Studentendorf Plänterwald - BT1

zur Gebäudeberechnung "Gebäude-1-REFERENZ-WG2009"

Detaillierte Berechnung anlagentechnischer KenngrößenDauer der Heizperiode $t_{HP} = 185 \text{ Tage/a} \sim F_{Gt} = 69,6 \sim$ Trinkwassererwärmung $t_{TW} = 350 \text{ Tage}$ *Solaranlage zur Trinkwassererwärmung*

große Kollektoranlage "Standardanlage"

Trinkwasserwärmebedarf $Q_{TW}^* = (q_{TW} + q_{TW,d} + q_{TW,s}) \cdot A_N$	89.173 kWh/a
Jahresenergieertrag der Referenz-Solaranlage Q_{sys} (Gl.5.1.4-3)	
$Q_{sys} = A_c \cdot (355 \cdot \eta_0 - 26,8 \cdot k_1 - 992 \cdot k_2 + 221 \cdot IAM(50^\circ) - 0,655 \cdot C)$	27.574 kWh/a
Kollektorfläche (Apertur)	77,8 m ²
optischer Wirkungsgrad, Konversionsfaktor η_0	0,77
Wärmedurchgangskoeffizienten k_1 / k_2 in [W/(m ² K)]	3,50 / 0,02
Einstrahlwinkelkorrektur $IAM(50^\circ)$	0,90
Effektive Wärmekapazität C	6,40 kJ/kgK
Korrekturfaktor für 30° Neigung und Ausrichtung: Süd -20°, f_{NA} (Tab.5.1-4)	0,96
Korrekturfaktor für die Auslastung der Solaranlage f_{slr} (Gl.5/6)	1,33
Korrekturfaktor für die Wärmeverluste der Rohrleitungen (40 m), $f_{d,sol}$	1,00
Korrekturfaktor für das Volumen des Solarspeichers (4028 l), $f_{S,Vsol}$	0,97
Korrekturfaktor für das Volumen des Bereitschaftsspeichers (2228 l), $f_{S,Vaux}$	1,00
Korrekturfaktor für die Wärmeverlustrate des Speichers (2,5 kWh/24h), $f_{S,Vsol}$	1,00
Wärmeverlust des Speichers $Q_{TW,s} = q_{TW,s} \cdot A_N$ ($\vartheta_{u,m}=20^\circ\text{C}$), 5.1.3-1	697 kWh/a
Korrekturfaktor für Speichertemperatur $f_{S,\vartheta}$	1,57
Korrekturfaktor für Speicherbetriebszeit $f_{S,t}$	1,04
Korrekturfaktor für Speicheranschlüsse $f_{S,an}$	0,83
$Q_{TW,sol} = Q_{sys} \cdot f_{NA} \cdot f_{slr} \cdot f_{d,sol} \cdot f_{S,Vsol} \cdot f_{S,Vaux} \cdot f_{S,loss} + Q_{TW,s} \cdot f_{S,\vartheta} \cdot f_{S,t} \cdot f_{S,an}$	35.095 kWh/a
Leistungsaufnahme der Solarpumpe (Laufzeit 1750 h), $P_{P,sol}$	265 W
<hr/>	
Deckungsanteil der Solaranlage $\alpha_{TW,sol} = Q_{TW,sol} / Q_{TW}^*$	0,39
Hilfsenergiebedarf $q_{TW,g,HE,sol}$	0,25 kWh/(m ² a)

Anlagenkurzbeschreibungmit Endenergie versorgter Bereich $A_N = 4690 \text{ m}^2$ Heizwärmebedarf $q_h = 46,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, Trinkwasserwärmebedarf $q_{tw} = 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Detailliertes Verfahren DIN V 4701-10, Abs.5 / Tabellenverfahren nach Anhang C.3

Heizung: BW-Kessel außen ... Lüftungsanlage ... Warmwasser: BW-Kessel mit Zirkulation ...

Energieträger: [Heizöl], Strom

Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl e_p Aufwandszahlen e_i und Energieverluste der Erzeugung, Speicherung und Verteilung, Wärmegutschriften, Hilfsenergiebedarf, Deckungsanteile α und Primärenergiefaktoren f_p .

Verwendete Indizes: P-Primärenergie, E-Endenergie, HE-Hilfsenergie, TW-Trinkwarmwasser, L-Lüftung, H-Heizung.

Zur Berechnung der Anlagenaufwandszahl nach DIN V 4701-10 mit Tabellenwerten wird eine Heizzeit von 185 Tagen zu Grunde gelegt.

Detailliert berechnete Anlagen-Kenngrößen werden übernommen.

Anlage zur Warmwasserbereitung

mit Trinkwarmwasser versorgter Bereich $A_N = 4690 \text{ m}^2$
 Trinkwasserwärmebedarf $q_{TW} = 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Gutschrift $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Hilfsenergie $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	α [%]	f_P	Anm.
Erzeuger I	1,06			0,06	61	1,10	47
Speicher		0,2					40
Verteilung		6,3	2,8	0,11			20
Erzeuger II	1,00			0,25	39		70
		6,5	2,8	0,42	100		

47) verbesserter BW-Kessel, $\eta_{100\%} \geq 0,94 + \log(Q_N)/100$, Aufwandszahl $e_{TW,g}$ und Hilfsenergiebedarf $q_{TW,g,HE}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-4b [Heizöl]

40) bivalenter Solarspeicher außen, Wärmeverlust $q_{TW,s}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-3a

20) Gebäudezentrale TW-Verteilung mit Zirkulation, weniger als 10 m Verteilleitungen außen, Steigleitungen im nicht belüfteten Schacht, Wärmeverlust $q_{TW,d}$, Wärmegutschrift $q_{h,TW,d}$ und Hilfsenergiebedarf $q_{TW,d,HE}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-2a / C.1-2b

70) Standardanlage, Kenngrößen siehe detaillierte Berechnung [solar], $A_C = 77,8 \text{ m}^2$

Primär- und Endenergiebedarf für Trinkwasserbereitung

Gl. 4.2-3, Aufwandszahl * Primärenergiefaktor $\Sigma(e_{TW,g,i} * \alpha_{TW,g,i} * f_{P,i})$	0,71
Gl. 4.2-3, Primärenergiebedarf $q_{TW,P} = (12,5 + 6,5) * 0,71$	13,5 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-4, Heizwärmegutschrift $q_{h,TW} = 2,8$	2,8 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{TW,HE} = 0,03 + 0,11 + 0,10$	0,2 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{TW,HE,P} = 0,2 * 2,6$	0,6 kWh/(m²a)
Endenergiebedarf $Q_{TW,E} = (12,5 + 6,5) * (0,64 + 0,39) * 4690$	92.484 kWh/a
Hilfsendenergiebedarf $Q_{TW,HE,E} = 0,2 * 4690$	1.156 kWh/a

Lüftungsanlage

belüfteter Bereich $A_N = 4690 \text{ m}^2$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Heizbeitrag $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Hilfsenergie $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	α [%]	f_P	Anm.
Lüftungsanlage L/L-Wärmepumpe Heizregister Verteilung Übergabe				1,10		2,60	111
				1,10			

111) Abluftanlage mit DC-Ventilatoren, Hilfsenergiebedarf $q_{L,g,HE,WRG}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.2-3c [Strom]

Gl. 4.2-12, Heizwärmebeitrag $q_{h,L} = 0,0 - 0,0$	0,0 kWh/(m²a)
Gl. 4.2-13, Hilfsenergiebedarf $q_{L,HE,P} = 1,1 * 2,6$	2,9 kWh/(m²a)
Hilfsendenergiebedarf $Q_{L,HE,E} = 1,1 * 4690$	5.159 kWh/a

Heizungsanlage

beheizter Bereich $A_N = 4690 \text{ m}^2$
 Heizwärmebedarf $q_h = 46,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 verbleibender Bedarf $q_{h,0} = 46,3 - 2,8 - 0,0 = 43,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Anlagenteil	Aufwandszahl	Verlust	Hilfsenergie	α	f_P	Anm.
-------------	--------------	---------	--------------	----------	-------	------

	[-]	kWh/ (m²a)	kWh/ (m²a)	%	
Erzeuger I	0,97		0,14	100	1,10
Erzeuger II					274
Speicher					
Verteilung		1,2	0,30		224
Übergabe		1,1			244
		2,3	0,44	100	

274) verbesserter BW-Kessel außerhalb, 55/45 °C, Aufwandszahl e_g und Hilfsenergiebedarf $q_{g,HE}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.3-4b [Heizöl]

224) horizontale Verteilung innen, Steiger innenliegend, Systemtemperaturen 55/45 °C, geregelte Pumpe, Wärmeverluste der Verteilungen q_d und Hilfsenergiebedarf $q_{d,HE}$ nach DIN V 4701-10, Tab. C.3-2

244) freie Heizflächen im Außenwandbereich, Thermostatventile mit Auslegungs-Proportionalbereich 1 Kelvin, Wärmeverlust q_{ce} nach DIN V 4701-10 Tab. C.3-1

Primär- und Endenergiebedarf für Heizung

Gl. 4.2-18, benötigte Heizwärme $q_{h,0} = q_h - q_{h,TW} - q_{h,L} = 46,3 - 2,8 - 0,0$ 43,5 kWh/(m²a)

Gl. 4.2-18, Aufwandszahl * Primärenergiefaktor $\Sigma(e_{H,g,i} * \alpha_{H,g,i} * f_{P,i})$ 1,07

Gl. 4.2-18, Primärenergiebedarf $q_{H,P} = (43,5 + 2,3) * 1,07$ 48,9 kWh/(m²a)

Gl. 4.2-19, Hilfsenergiebedarf $q_{H,HE,P} = (0,1+0,3) * 2,6$ 1,1 kWh/(m²a)

Endenergiebedarf $Q_{H,E} = (43,5 + 2,3) * (0,97 + 0,00) * 4690$ 208.318 kWh/a

Hilfsendenergiebedarf $Q_{H,HE,E} = 0,4 * 4690$ 2.063 kWh/a

Anlagen-Aufwandszahl

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung.

$Q_P = (13,5 + 0,6) * 4.690 + (0,0 + 2,9) * 4.690 + (48,9 + 1,1) * 4.690$ 314.062 kWh/a

Heizwärmebedarf $Q_h = q_h * A_N = 46,3 * 4690$ 217.106 kWh/a

Trinkwasserwärmebedarf $Q_{tw} = q_{tw} * A_N = 12,5 * 4690$ 58.628 kWh/a

Anlagen-Aufwandszahl $e_p = Q_P / (Q_h + Q_{tw}) = 314.062 / (217.106 + 58.628)$ 1,14

Primärenergie $Q_P = 314.062$ kWh/a (67,0 kWh/(m²a))

Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal $Q_{WE,E} = 92.484 + 208.318 = 300.802$ kWh/a (64,1 kWh/(m²a))

Hilfsendenergie, lokal $Q_{HE,E} = 1.156 + 5.159 + 2.063 = 8.379$ kWh/a (1,8 kWh/(m²a))

Energiebedarf nach Energieträgern

Bedarfwerte auch für den Energieausweis

Energieträger	Endenergie kWh/a		f_p	Primärenergie kWh/a	
[Heizöl]	265.701	86 %	1,1	292.271	93 %
[solar]	35.098	11 %	-	-	- %
Hilfsenergie (Strom)	8.379	3 %	2,6	21.784	7 %
	309.177	100 %		314.055	100 %
erneuerbare Energie	35.098	11 %			

Endenergie nach Energieträgern	Heizung kWh/ (m²a)	Warmwasser kWh/ (m²a)	Lüftung kWh/ (m²a)	Summe kWh/ (m²a)
[Heizöl]	44,4	12,2	0,0	56,6
[solar]	0,0	7,5	0,0	7,5
Hilfsenergie Strom	0,4	0,3	1,1	1,8