

**Fachhochschule
Hildesheim/Holzminden/Göttingen**
Fachhochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst

Diplomarbeit

WS 2001/2002

Arne Bretschneider

Mat.-Nr.: 244769

- 1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer**
- 2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Alfred Breukelman**

Diplomthema:

**Berechnungen zum energiesparenden Wärmeschutz
unter Zuhilfenahme verschiedener Berechnungsmodelle
und einer thermisch-energetischen Gebäudesimulation**

**Studiengang: Bauingenieurwesen
Fachrichtung: Holzingenieurwesen**



Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass die gesamte Diplomarbeit und die zugehörigen Berechnungen von mir selbständig angefertigt wurden. Zitate und/oder Übernahmen sind entsprechend gekennzeichnet und in einem Quellenverzeichnis am Ende dieser Diplomarbeit aufgeführt.

cand. Ing. Arne Bretschneider Mat.-Nr. 244769



Inhaltsverzeichnis:

1.	Einleitung.....	5
2.	Grundlagen.....	7
2.1.	Gebäudebeschreibung des betrachteten Gebäudes.....	7
2.1.1.	Beschreibung der Variante A (Holzbau - Standard - Haus).....	7
2.1.2.	Beschreibung der Variante B (Holzbau - 3-Liter Haus).....	10
2.1.3.	Beschreibung der Variante C (Holzbau - Passiv Haus).....	13
2.1.4.	Beschreibung der Variante D (Massivbau – Standard).....	15
2.2.	Einführung in die EnEV für Wohngebäude	17
2.2.1.	Haupt- und Nebenanforderungen der EnEV.....	18
2.3.	Definitionen und Erläuterungen	20
3.	Einführung in die Wärmebrückenproblematik.....	25
3.1.	Pauschalmethode ohne Nachweis der Wärmebrücke	25
3.2.	Pauschalmethode mit Nachweis der Wärmebrücke.....	25
3.3.	Tatsächlich vorhandene Wärmebrücken des Gebäudes	26
3.3.1.	Randbedingungen	27
3.3.2.	Berechnung der vorhandenen Wärmebrücken	27
3.3.3.	Übersicht der Wärmebrücken.....	34
3.4.	Ergebnis der detaillierten Wärmebrückenberechnung (ΔH_{WB}).....	34
4.	Nachweis des Jahresheizwärmebedarfs nach EnEV in Verbindung mit der DIN V 4108-6	35
4.1.	Vereinfachter Nachweis der Varianten A bis C nach EnEV	36
4.1.1.	Formeln und Randbedingung für den Vereinfachten Nachweis	36
4.2.	Nachweis der Varianten A bis C nach dem Monatsbilanzverfahren (MB-Verfahren).....	39
4.2.1.	Randbedingungen für den Nachweis nach dem MB-Verfahren.....	39
4.3.	Gegenüberstellung und Auswertung des Vereinfachten Verfahrens und des MB-Verfahrens ..	42
4.3.1.	Auswertung zum Vereinfachten Nachweisverfahren (VN-Verfahren).....	44
4.3.2.	Auswertung des Nachweises nach dem Monatsbilanzverfahrens (MB-Verfahren)	45
5.	Berechnung und Auswertung des Jahresheizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6	53
5.1.	Randbedingungen für die Berechnung nach dem MB-Verfahren.....	53
5.2.	Auswertung der Berechnungsergebnisse	55
5.3.	Gegenüberstellung der Klimazonen.....	58
6.	Thermische – energetische Gebäudesimulation mit dem Programm „TRNSYS“	60
6.1.	Beschreibung des Programm Trnsys.....	60
6.1.1.	Meteorologische Daten	62
6.2.	Darstellung der Außen- und Innenlufttemperaturen	63
6.3.	Vergleich Rechnung nach dem Monatsbilanzverfahren zu den Ergebnissen der Simulation	65
6.4.	Einfluss des Nutzerverhalten auf den Jahresheizwärmebedarf	67
6.4.1.	Innenlufttemperaturen während einer extremen Sommerperiode	72
7.	Zusammenfassung	79
7.1.	Die Berechnungen und Simulationen für den Jahresheizwärmebedarf	79
7.2.	Die Energieeinsparverordnung	82
7.3.	Verbesserungen für den Holzbau	84
8.	Quellenverzeichnis:	86
9.	Diagramme der durchgeführten Berechnungen.....	88



Diagrammverzeichnis:

Diagramm 4-1	Verhältnis des Vereinfachten Nachweiseverfahren der Varianten und Dichtheitszustände	44
Diagramm 4-2	Jahresheizwärmebedarf der Variante A (Holzbau – Standardhaus) im Vergleich	45
Diagramm 4-3	Vergleich solarer und interner Gewinne der beiden Nachweisverfahren	46
Diagramm 4-4	Jahresheizwärmebedarf der Variante B (Holzbau – 3-Liter-Haus) im Vergleich	47
Diagramm 4-5	Jahresheizwärmebedarf der Variante C im prozentualen Vergleich	48
Diagramm 5-1	Vergleich der Klimazonen und Bauweisen an einem Vergleichswert (Holzbau – Standard) 58	
Diagramm 5-2	Prozentualer Vergleich (wie Diagramm 5-1) mit Nachtabenkung.....	59
Diagramm 6-1	Außenlufttemperatur des Testreferenzklima Try05 (Würzburg)	63
Diagramm 6-2	Innenlufttemperatur der Varianten (frei schwingend)	64
Diagramm 6-3	Q''_h der Variante A (Holzbau – Standard) mit einer Heiztemperatur von 19°C	65
Diagramm 6-4	Q''_h der Variante C (Holzbau – Passivhaus) mit einer Heiztemperatur von 19°C	66
Diagramm 6-5	Q''_h der Variante D (Massivbau – Standard) mit einer Heiztemperatur von 19°C	66
Diagramm 6-6	Holzbau – Standard mit einer Heiztemperatur von 20°C	67
Diagramm 6-7	Holzbau - Standard mit einer Heiztemperatur von 21°C.....	68
Diagramm 6-8	Holzbau - Standard mit einer Nachtabenkung auf 18°C über 7 Std.....	69
Diagramm 6-9	Holzbau – Standard mit Nacht- und Tagabsenkung	70
Diagramm 6-10	Holzbau – Passivhaus ohne Nachtabenkung WRG 87%.....	71
Diagramm 6-11	Holzbau – Passivhaus mit Nachtabenkung WRG 87%.....	71
Diagramm 6-12	Innenlufttemperatur der Varianten ohne Sonnenschutz.....	72
Diagramm 6-13	Innenluft im ansteigenden Zustand, mit innenliegendem Sonnenschutz	73
Diagramm 6-14	Innentemperatur im eingeschwungenen Zustand, mit innenliegendem Sonnenschutz 73	
Diagramm 6-15	Innenluft im abkühlenden Zustand, mit einem innenliegenden Sonnenschutz	74
Diagramm 6-16	Innenlufttemperatur im ansteigenden Zustand, mit einem außenliegenden Sonnenschutz.....	75
Diagramm 6-17	Innenluft im eingeschwungenen Zustand, mit außenliegendem Sonnenschutz.....	76
Diagramm 6-18	Innenluft im abkühlenden Zustand, mit außenliegenden Sonnenschutz	76
Diagramm 6-19	Gegenüberstellung von „worst case“ und „real case“ ohne Sonnenschutz.....	77



1. Einleitung

Das energiesparende Bauen ist in Deutschland seit 1976 gesetzlich geregelt. Anlass für die Einbringung eines solchen Gesetzes war die 1. Ölkrise im Jahr 1973.

Es begann am 22.07.1976 mit der Verabschiedung des Energieeinspargesetzes (EnEG) durch den Bundesrat. Dieses Gesetz ermächtigt die Bundesregierung, durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden und ihrer Bauteile festzusetzen. Seitdem war dieses Gesetz die Rechtsgrundlage für alle folgenden Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnungen für die Bundesrepublik Deutschland und West Berlin.

Im Jahr 1980 wurde das Gesetz zum ersten Mal überarbeitet. In dem EnEG werden im § 2 folgende Anforderung festgelegt:

„Die Anforderungen können sich auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs sowie der Lüftungswärmeverluste und auf ausreichende raumklimatische Verhältnisse beziehen. Bei der Begrenzung des Wärmedurchgangs ist der gesamte Einfluss der die beheizten oder gekühlten Räume nach außen und zum Erdreich abgrenzenden, sowie derjenigen Bauteile zu berücksichtigen, die diese Räume gegen Räume abweichender Temperaturen abgrenzen. Bei der Begrenzung von Lüftungseinrichtungen ist der gesamte Einfluss der Lüftungseinrichtungen, der Dichtheit von Fenstern und Türen sowie der Fugen zwischen einzelnen Bauteilen zu berücksichtigen.“ [1]

Am 11.08.1977 wurde dann die erste Wärmeschutzverordnung (WSchV) verabschiedet und am 01.11.1977 in Kraft gesetzt. Als Bewertungskriterium wurde hier der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient für Bauteile festgelegt.

Im Jahr 1980 kam es zur zweiten Ölkrise in der jüngeren deutschen Geschichte. Dies führte, wie oben beschrieben, zur Änderung des EnEG und setzte sich mit dem Inkrafttreten der zweiten Wärmeschutzverordnung am 01.01.1984 fort. Hieraus ergab sich eine Verschärfung des Anforderungsniveaus gegenüber der ersten WSchV um ca. 20 %, bezogen auf den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (k_m -Wert).

Es folgte am 01.01.1995 die Inkraftsetzung der dritten Wärmeschutzverordnung (WSchV 95). Ab diesem Zeitpunkt wurde zum erstenmal der Jahresheizwärmebedarf Q_H eingeführt und das Anforderungsniveau verschärfte sich abermals gegenüber der zweiten WSchV um ca. 30 %, bezogen auf den Jahresheizwärmebedarf (Q_H).

Der momentan letzte Schritt energiesparenden Wärmeschutzes in Deutschland ist die Energieeinsparverordnung 2002 (EnEV). Im März 2001 wurde als wesentlicher Teil des Klimakonzeptes der Bundesregierung der dritte Referentenentwurf für die Energieeinsparverordnung vorgelegt. Dieser Entwurf sieht vor, dass die energetischen Qualitäten von Neubauten um etwa 30 % gegenüber dem heutigen Standard verbessert werden sollen. Für den Gebäudebestand sollen die vorhandenen Energieeinsparpotenziale verstärkt genutzt werden. Hierfür werden Nachrüstverpflichtungen und bedingte Anforderungen im Falle von Modernisierungen vorgeschrieben. Das soll bewirken, dass bei fälligen Sanierungsarbeiten energetisch sinnvolle Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden. Darüber hinaus wurden einige Begriffe im Zuge der Europäisierung umbenannt, so wurde beispielsweise der Begriff des k -Wertes in U -Wert geändert.

In dieser Diplomarbeit wird nun untersucht, ob und wenn, wie groß der Unterschied zwischen den einzelnen Berechnungsmodellen und dem realen Verhalten eines Wohngebäudes ist.

Es wird in einzelne Modelle für die Berechnung unterschieden. Da gibt es zum einen das Nachweisverfahren, bei dem von sehr stark bereinigten Kenngrößen ausgegangen wird, und das Berechnungsverfahren, in dem von realitätsnahen Kenngrößen ausgegangen wird. Diese Unterscheidungen werden vorgenommen, um die Vergleichbarkeit der Gebäude auf deren energetische Güte zu vereinfachen. Die grundsätzliche Problematik bei der Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs nach diesen Modellen, besteht in der Annahme von vereinfachten Außenklimadaten und einem normierten Nutzerverhalten.



Da sich aber der Mensch genau so wie das Klima nicht normieren lässt, liegt die Vermutung nahe, dass der Jahresheizwärmebedarf sehr stark vom Nutzerverhalten und den Klimabedingungen am Bauort des Gebäudes abhängig ist.

Für die Berechnungen und Nachweise wird zum einen mit dem vereinfachten Nachweisverfahren nach EnEV gearbeitet. Dieses Verfahren beruht auf dem Heizperiodenverfahren nach DIN V 4108-6. Zweitens kommt das Monatsbilanzverfahren nach DIN V 4108-6 zum Einsatz.

Für die Berechnung nach dem Monatsbilanzverfahren kommen sowohl bei dem Nachweisverfahren als auch bei dem Berechnungsverfahren die drei unterschiedlichen Behandlungen der Wärmebrückenzuschläge zum Tragen.

Für die Gebäudesimulation wird das Thermisch-dynamische Simulationsprogramm „TRNSYS 15.0“ eingesetzt. Als Klimadatensätze für die Berechnungen wird der Try05 und der jul04-Datensatz genutzt.

Bei dem bearbeiteten Gebäude handelt es sich um das Projekt „Stadtvilla - Haustyp A“ der Firma Haake & Haake, die mir freundlicherweise die Pläne der Ansichten und Grundrisse (im Anhang aufgeführt), sowie alle notwendigen technischen Daten für meine Berechnungen zur Verfügung gestellt hat. In den folgenden Kapiteln werde ich die folgenden vier Varianten dieses Haustyps auf Ihr energetisches Verhalten untersuchen:

1. Holzbau – Standardhaus; Variante A
2. Holzbau – 3-Liter-Haus; Variante B
3. Holzbau – Passivhaus ; Variante C
4. Massivbau – Standardhaus; Variante D

Der Aufbau dieser Arbeit beginnt mit einer allgemeinen Gebäudebeschreibung und einer Darstellung der bauphysikalischen Merkmale der drei unterschiedlichen wärmetechnischen Standards.

Danach findet sich eine Erläuterung der Energieeinsparverordnung (EnEV) bezogen auf den Wohnungsbau und eine Festlegung der Haupt- und Nebenanforderungen nach Anhang 1 der EnEV. Des weiteren werden noch einige Definitionen zu den verwendeten Begriffen gegeben.

Dann folgt eine Einführung in die Wärmebrückenproblematik und die damit verbundenen Möglichkeiten der Behandlung der Wärmebrücken bei der Berechnung. Darin enthalten ist eine detaillierte Wärmebrückenberechnung für das Holzbau – Standardhaus.

In den dann folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse des Nachweisverfahren mit dem vereinfachten und dem Monatsbilanz – Verfahren und die Berechnungen der Varianten mit dem Monatsbilanzverfahren dargestellt und verglichen.

Ab dem Kapitel 6 Seite 60 werden die Varianten A, C und D auf unterschiedliche Nutzerverhalten hin untersucht und die Ergebnisse in Form von Diagrammen dargestellt.

Im letzte Kapitel werden die Ergebnisse aller Berechnungen noch einmal zusammengefasst und in Bezug auf Ihre Anwendbarkeit auf nachfolgende Aufgabenstellungen diskutiert.

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, mich für die Zusammenarbeit und Unterstützung während meiner Diplomarbeit bei einigen Personen zu bedanken.

Insbesondere möchte ich mich bei meinen Prüfern Prof. Dr.-Ing. H.-P. Leimer und Prof. Dr.-Ing. A. Breukelman für Ihre ausgezeichnete Betreuung bedanken. Bei Dipl. Ing. Helgo Heuer, der mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand, in Fragen der Bauphysik und Programmhandhabung. Vor allen Dingen aber möchte ich mich bei Herrn Dipl. Ing. Jens Bode für die Unterstützung während der Einarbeitung in das Simulationsprogramm „TRNSYS“ und das Verständnis für meine laut klickende Maus bedanken.

Danken möchte ich ferner dem BBS INGENIEURBÜRO für die Bereitstellung des Simulationsprogramms „TRNSYS“ sowie der Räumlichkeiten während meiner Diplomarbeit.



Die für diese Arbeit verwendeten Quellen sind im Quellenverzeichnis aufgeführt. Verweise auf Quellen erfolgen durch eckige Klammern. Alle Diagramme sind im letzten Kapitel noch einmal der Reihe nach abgebildet.



2. Grundlagen

2.1. Gebäudebeschreibung des betrachteten Gebäudes

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein 1 ½ - geschossiges Einfamilienhaus in Holztafelbauweise. Es hat einen quadratischen Grundriss mit einer Seitenlänge von 9,24 m. Damit wird eine Grundfläche von rund 85 m² überbaut. Das Haus ist nicht unterkellert. Die Geschosshöhe des Gebäudes beträgt im Erdgeschoss 2,80 m, das Obergeschoss weist eine lichte Höhe von 2,41 m auf. Die Fassade besteht zum überwiegenden Teil aus keramischem Werkstoff wie Klinker, im Obergeschoss befindet sich ein umlaufender Streifen einer Holzfassade. Die Dachneigung des Zeltdaches beträgt 25°, die Eindeckung erfolgt mit Betondachsteinen. Die Fenster des Hauses bestehen je nach Bauherrenwunsch aus Holz oder Kunststoff, der überwiegende Teil der Fensterfläche befindet sich an Nord- und Südfassade des Hauses. Die Raumaufteilung sieht im Erdgeschoss einen offenen Wohn- und Küchenbereich, sowie kleinere Nebenräume vor, im Obergeschoss befinden sich drei Zimmer und ein Bad.

Im Folgenden werden die drei Ausführungsvarianten dieser Stadtvilla detailliert beschrieben und energetisch untersucht. Dabei wird zunächst die jeweilige Variante beschrieben, mit dem Aufbau der einzelnen Bauteile und dem dazugehörigen U-Wert. Die Berechnungen zum Wärmedurchgangskoeffizienten und die detaillierten Bauteilaufbauten für die einzelnen Varianten finden sich im **Anhang II bis Anhang V**. In **Anhang I** sind die für die Berechnungen zu ermittelnden wärmeübertragenden Umfassungsflächen, das Gebäudevolumen und die Gebäudenutzfläche zu finden.

2.1.1. Beschreibung der Variante A (Holzbau - Standard - Haus)

Bei der **Variante A** handelt es sich um ein Gebäude, dessen Hüllfläche nach dem momentanen Stand der Technik ausgebildet ist. Dies setzt einen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der luftangrenzenden opaken Gebäudeteile von $\leq 0,22$ [W/(m²K)] und für die erdberührenden Bauteile von $\leq 0,40$ [W/(m²K)] voraus. Die Anforderungen an die transparenten Bauteile (Fenster) sollten mit einem U-Wert von $\leq 1,6$ [W/(m²K)] und einem Gesamtenergiedurchlassgrad $g = 0,5$ erfüllt werden.

■ Bauteilaufbau

1.) Außenwandaufbau AW 1 für die Variante A (Holzbau - Standard)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Holzständer	200	0,04 / 0,13
Spannplatte	13	0,13
PS – Hartschaum	40	0,04
Vorsatzschale aus keramischem Belag	15	0,96

Tabelle 2-1

Mit diesem Aufbau wird ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von **0,19 W/(m²K)** erreicht.



2.) Außenwandaufbau AW 2 der Variante A (Holzbau - Standard)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Holzständer	200	0,04 / 013
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung	100	0,04
Spannplatte	13	0,13
PS – Hartschaum	40	0,04
Vorsatzschale aus keramischem Belag	15	0,96

Tabelle 2-2

Dieser Wandaufbau erreicht einen U-Wert von **0,12 W/(m²K)**

3.) Außenwandaufbau AW 3 der Variante A (Holzbau - Standard)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Holzständer	200	0,04 / 013
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung	40	0,04
Hinterlüftung (schwach belüftet)	20	
Vorsatzschale aus Holz	21	

Tabelle 2-3

Erreichter U-Wert dieses Wandaufbaus beträgt **0,18 W/(m²K)**

4.) Steildachaufbau der Variante A (Holzbau - Standard)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Luftschicht	40	
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Sparren	200	0,04 / 0,13
Dachaufbau		

Tabelle 2-4

Der U-Wert des Daches beträgt **0,24 W/(m²K)**



5.) Aufbau der Bodenplatte auf Erdreich der Variante A (Holzbau - Standard)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Bodenbelag		
Zementestrich	40	1,4
PE – Folie zur Abdeckung		
Mineralische Wärmedämmung	120	0,04
Abdichtung gegen Bodenfeuchte		
Bodenplatte aus Beton	160	2,1

Tabelle 2-5

Die Bodenplatte erreicht mit diesem Aufbau einen U-Wert von **0,31 W/(m²K)**

6.) Fenster

Für die Fenster ist ein U-Wert von 1,6 [W/(m²K)] und ein Gesamtenergiedurchlassgrad $g = 0,5 [-]$ vorgesehen.



2.1.2. Beschreibung der Variante B (Holzbau - 3-Liter Haus)

Der Begriff dieser als zweite Variante (**Variante B**) untersuchten Ausführung ist mit der Diskussion über das 3-Liter Auto in Deutschland entstanden. In dieser Zeit suchte man in der Baubranche nach einer Möglichkeit, den Kapitalmarkt für Häuser attraktiver zu gestalten und griff das Konzept des 3-Liter Autos auf. Diese Variante ist auch unter dem Namen Ultra-Niedrigenergiehaus bekannt. Als Niedrigenergiehaus wird ein Gebäude bezeichnet, dessen Jahresheizwärmebedarf Q''_h um mind. 25 % unter dem in der WSchV 95 vorgeschriebenen maximalen Jahresheizwärmebedarf liegt. Um solche Verbrauchswerte zusätzlich zu verbessern, ist diese Variante entstanden.

Dabei sollte der Jahresheizwärmebedarf von durchschnittlich 60 – 80 kWh/m²a (dieser Wert ist abhängig von der Hausgröße und Gebäudegeometrie) auf ≤ 30 kWh/m²a verringert werden. Aus diesem Wert errechnet sich mit einem Brennwert von 10 l/kWh ein äquivalenter Heizölbedarf von 3-Liter/m²a.

Da die WSchV 95 im Jahr 2002 Ihre Gültigkeit verliert, wird für die Variante B als Nachweis- und Berechnungsverfahren ebenfalls die EnEV und damit die DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 herangezogen.

▪ Bauteilaufbau

1.) Außenwandaufbau AW 1 der Variante B (Holzbau - 3-Liter Haus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Holzständer	200	0,04 / 013
Spannplatte	13	0,13
PS – Hartschaum	70	0,035
Vorsatzschale aus keramischem Belag	15	0,96

Tabelle 2-6

Mit diesem Aufbau wird ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von **0,16 W/(m²K)** erreicht.

2.) Außenwandaufbau AW 2 der Variante B (Holzbau - 3-Liter Haus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Holzständer	200	0,04 / 013
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung	100	0,04
Spannplatte	13	0,13
PS – Hartschaum	70	0,035
Vorsatzschale aus keramischem Belag	15	0,96

Tabelle 2-7



Dieser Wandaufbau erreicht einen U-Wert von **0,11 W/(m²K)**

3.) Außenwandaufbau AW 3 der Variante B (Holzbau - 3-Liter Haus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Holzständer	200	0,04 / 0,13
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung	40	0,04
Hinterlüftung (schwach belüftet)	20	
Vorsatzschale aus Holz	21	

Tabelle 2-8

Erreichter U-Wert dieses Wandaufbaus beträgt **0,18 W/(m²K)**

4.) Steildachaufbau der Variante B (Holzbau - 3-Liter Haus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Luftschicht	40	
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Sparren	240	0,04 / 0,13
Dachaufbau		

Tabelle 2-9

Der U-Wert des Daches beträgt **0,16 W/(m²K)**

5.) Aufbau der Bodenplatte auf Erdreich der Variante B (Holzbau - 3-Liter Haus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Bodenbelag		
Zementestrich	40	1,4
PE – Folie zur Abdeckung		
Mineralische Wärmedämmung	120	0,04
Abdichtung gegen Bodenfeuchte		
Bodenplatte aus Beton	160	2,1
extrudierter PS-Hartschaum	120	0,035

Tabelle 2-10

Die Bodenplatte erreicht mit diesem Aufbau einen U-Wert von **0,15 W/(m²K)**



6.) Fenster

Für die Fenster ist ein U-Wert von $1,6 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ und ein Gesamtenergiedurchlassgrad $g = 0,5 [-]$ vorgesehen.



2.1.3. Beschreibung der Variante C (Holzbau - Passiv Haus)

Das Besondere an den Passivhäusern ist die Tatsache, dass durch passive Änderungen (Erhöhung der Dämmstoffdicke und der Wärmeleitgruppe) auf ein gesondertes aktives Heizsystem verzichtet werden kann. Die Zufuhr der benötigten Restwärme erfolgt durch Einbau eines Wärmerückgewinnungssystems über die ohnehin erforderliche Frischluftzufuhr. Um das Passivhaus-Konzept umsetzen zu können, muss der (tatsächliche) Jahresheizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ betragen. Der Primärenergiebedarf darf dabei nicht größer als $120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ sein.

▪ Bauteilaufbau

1.) Außenwandaufbau AW 1 der Variante C (Passivhaus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Holzständer	200	0,035 / 013
Spannplatte	13	0,13
PS – Hartschaum	70	0,035
Vorsatzschale aus keramischem Belag	15	0,96

Tabelle 2-11

Mit diesem Aufbau wird ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von **0,15 W/(m²K)** erreicht.

2.) Außenwandaufbau AW 2 der Variante C (Passivhaus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Holzständer	200	0,035 / 013
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung	100	0,035
Spannplatte	13	0,13
PS – Hartschaum	70	0,035
Vorsatzschale aus keramischem Belag	15	0,96

Tabelle 2-12

Dieser Wandaufbau erreicht einen U-Wert von **0,10 W/(m²K)**



3.) Außenwandaufbau AW 3 der Variante C (Passivhaus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Holzständer	200	0,035 / 0,13
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung	40	0,035
Hinterlüftung (schwach belüftet)	20	
Vorsatzschale aus Holz	21	

Tabelle 2-13

Erreichter U-Wert dieses Wandaufbaus beträgt **0,14 W/(m²K)**

4.) Steildachaufbau der Variante C (Passivhaus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Mineralische Wärmedämmung	40	0,035
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Sparren	240	0,035 / 0,13
Dachaufbau		

Tabelle 2-14

Der U-Wert des Daches beträgt **0,14 W/(m²K)**

5.) Aufbau der Bodenplatte auf Erdreich der Variante C (Passivhaus)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Bodenbelag		
Zementestrich	40	1,4
PE – Folie zur Abdeckung		
Mineralische Wärmedämmung	120	0,035
Abdichtung gegen Bodenfeuchte		
Bodenplatte aus Beton	160	2,1
extrudierter PS-Hartschaum	160	0,035

Tabelle 2-15

Die Bodenplatte erreicht mit diesem Aufbau einen U-Wert von **0,12 W/(m²K)**



2.1.4. Beschreibung der Variante D (Massivbau – Standard)

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein Vergleichsgebäude für die Berechnung nach Monatsbilanzverfahren (siehe Kapitel 5 Seite 53) und der thermischen Gebäudesimulation mit TRNSYS (siehe Kapitel 6 Seite 60).

Die Ausstattung des Hauses und die daran gestellten Anforderungen entsprechen der Variante A, nur in massiver Bauweise. Leichte Veränderungen ergeben sich durch die Bauweise in Bezug auf die Wärmeleitgruppe. Diese muss besser sein, um einen vergleichbaren Wärmedurchgangskoeffizienten zu erhalten.

▪ Bauteilaufbau

1.) Außenwandaufbau AW 1 für die Variante D (Massivbau – Standard)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Kalkzementputz	15	0,87
Porenbeton	240	0,29
PS-Hartschaum WLG 035	140	0,035
Vorsatzschale aus keramischem Belag	15	0,96

Tabelle 2-16

Mit diesem Aufbau wird ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von **0,20 W/(m²K)** erreicht.

2.) Steildachaufbau der Variante D (Massivbau – Standard)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Gipskartonplatte	9	0,25
Luftschicht	40	
Dampfsperre		
Spannplatte	13	0,13
Mineralische Wärmedämmung / Sparren	200	0,04 / 0,13
Dachaufbau		

Tabelle 2-17

Der U-Wert des Daches beträgt **0,24 W/(m²K)**

3.) Aufbau der Bodenplatte auf Erdreich der Variante D (Massivbau – Standard)

Bauteilschicht von innen nach außen	Dicke mm	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)
Bodenbelag		
Zementestrich	40	1,4
PE – Folie zur Abdeckung		
Mineralische Wärmedämmung	120	0,04
Abdichtung gegen Bodenfeuchte		
Bodenplatte aus Beton	160	2,1

Tabelle 2-18



Die Bodenplatte erreicht mit diesem Aufbau einen U-Wert von **0,31 W/(m²K)**



4.) Fenster

Für die Fenster ist ein U-Wert von $1,6 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ und ein Gesamtenergiedurchlassgrad $g = 0,5 [-]$ vorgesehen.



2.2. Einführung in die EnEV für Wohngebäude

Mit Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung (EnEV) werden die bisher geltende Wärmeschutzverordnung (WSchV) und die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnIV) ersetzt. Als Bewertungskriterien werden der Jahresprimärenergiebedarf Q_P und der Transmissionswärmeverlust H_T (\equiv mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient) eingeführt.

Die EnEV geht mit zwei Berechnungsvorschriften einher:

- der DIN V 4108-6 für die gebäudetechnische Bewertung
- und
- der DIN V 4701-10 für die anlagentechnische Bewertung

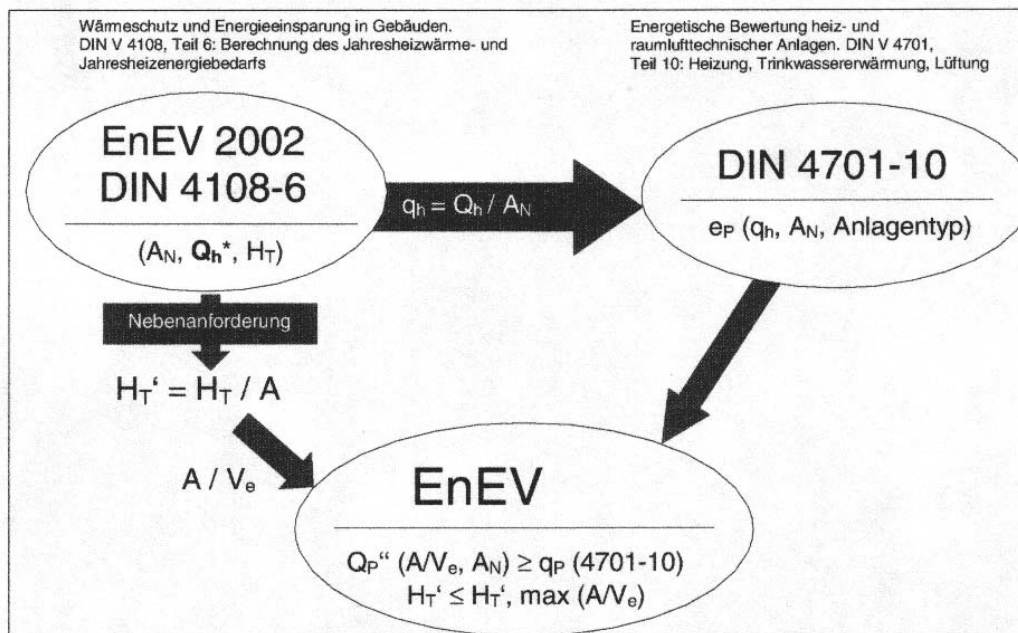


Bild 2-1 Zusammenwirken zwischen der EnEV und den mitgeltenden Normen [22]

Wie schon beschrieben werden in der EnEV erstmalig das Gebäude und die Anlagentechnik als Gesamtheit betrachtet. Es wird nun nicht mehr nur der Jahresheizwärmebedarf als Energiebedarf des Gebäudes betrachtet (wie in der WSchV), sondern auf die gesamte Heizungs-, Lüftungs- und Warmwasseranlage inklusive aller anfallenden Hilfsenergie ausgedehnt.

Grundsätzlich werden für ein Gebäude zwei energetische Größen in einer Haupt- und Nebenanforderung definiert.

Ein weiterer Punkt der Energieeinsparverordnung sieht vor, dass für alle Neubauten ein Energiebedarfsausweis erstellt werden muss.

In die EnEV ist ein vereinfachtes Nachweisverfahren, ähnlich der WSchV 95, eingebettet. Dieses basiert auf dem Heizperioden-Bilanzverfahren und ist nur für den Wohnungsbau zulässig. Es geht von normierten Annahmen aus und gibt damit eine ausreichende Sicherheit. Dadurch ergibt sich eine einfache und schnelle Möglichkeit der Ermittlung des Primär-Energiebedarfs. Formeln und Randbedingungen für die Berechnung nach dem vereinfachten Nachweisverfahren sind in Kapitel 4.1.1 erläutert.

Zu Ermittlung stehen zwei wesentliche Berechnungsverfahren zur Verfügung:

- Heizperioden-Verfahren nach EnEV in Verbindung mit der DIN V4108-6 (Grundlage für das Vereinfachte Nachweisverfahren)
- Monatsbilanz-Verfahren nach DIN V 4108-6 und Anlehnung an die DIN EN 832



2.2.1. Haupt- und Nebenanforderungen der EnEV

In der EnEV gelten sowohl Haupt-, als auch Nebenanforderungen. Zum einen darf ein festgelegter Primärenergiebedarf (**Hauptanforderung**) nicht überschritten werden, zum andern muss die wärmeübertragende Umfassungsfläche ein energetisches Mindestniveau erfüllen (**Nebenanforderung**). Beide Anforderungen stehen in Abhängigkeit zum Kompaktheitsgrad des Gebäudes. Bei der Hauptanforderung wird in Gebäude mit überwiegend dezentraler elektrischer Warmwasserbereitung, sonstige Wohngebäude (z.B. mit zentraler WW-Bereitung) und Nichtwohngebäude ohne WW-Bereitung unterschieden. Die Nebenanforderungen gelten in der Regel für Nichtwohngebäude mit einem Fensteranteil von über 30 % und für Gebäude mit Einzelfeuerstätten Ausnahmeregelungen. Die Eingangsgröße für die Haupt- und Nebenanforderungen ist der Kompaktheitsgrad (A/V – Verhältnis) und ggf. die Nutzfläche A_N .

- **Hauptanforderung:** in Abhängigkeit des Kompaktheitsgrades (A/V) des Gebäudes zwischen $A/V_e = 0,2 \dots 1,05 \text{ m}^{-1}$ und der Nutzungsfläche $A_N = 100 \dots 10000 \text{ m}^2$ ist folgender jährlicher Primärenergiebedarf zugelassen:

1.) für Wohngebäude mit zentraler WW – Bereitung:

$$\dot{Q}_p \leq 5094 + 7529 \cdot \frac{A}{V_e} + \frac{2600}{100 + A_N} \quad \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^2 \text{a})}$$

2.) für Wohngebäude mit dezentraler WW – Bereitung:

$$\dot{Q}_p \leq 6494 + 7529 \cdot \frac{A}{V_e} \quad \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^2 \text{a})}$$

3.) für alle anderen Fälle (Bezug ist das beheizte Gebäudevolumen):

$$\dot{Q}_p \leq 9,9 + 241 \cdot \frac{A}{V_e} \quad \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^3 \text{a})}$$



Im folgenden Diagramm wird das Anforderungsniveau des Primärenergiebedarfes für Gebäude veranschaulicht.

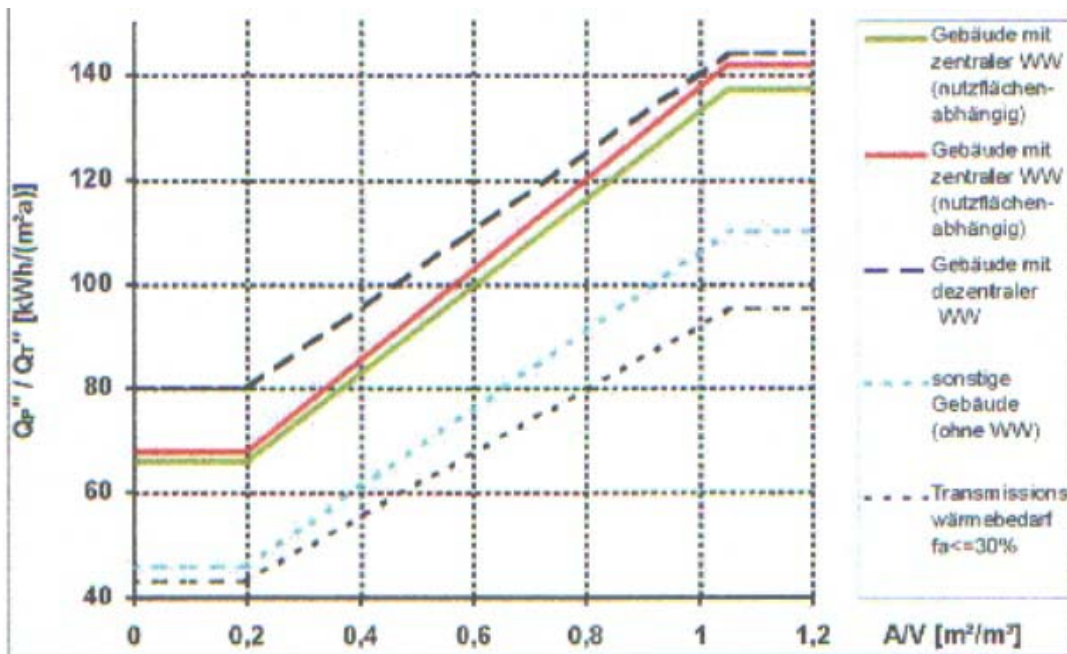


Bild 2-2 Anforderung an den Primärenergiebedarf eines Gebäudes (Hauptanforderungen) [21]

- **Nebenanforderungen:** in Abhängigkeit des A/V – Verhältnisses ($0,2 \dots 1,05 \text{ m}^{-1}$) wird der spezifische, auf die wärmeübertragende Hüllfläche bezogene Transmissionswärmeverlust H_T' auf folgende Werte begrenzt:

$H_T' = 1,55 \dots 0,58 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ für Nichtwohngebäude mit einem Fensterflächen Anteil über 30 %

$H_T' = 1,05 \dots 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ für den Rest der Nichtwohngebäude sowie alle Wohngebäude

Ausnahmeregelung: für Gebäude mit Einzelfeuerstätten sind die Werte auf $0,76 \cdot H_T'$ begrenzt.



2.3. Definitionen und Erläuterungen

In diesem Kapitel möchte ich einige Begriffsdefinitionen zusammenstellen, die in den nachfolgenden Kapiteln verwendet werden.

- **Verbrauch:**
in realen Gebäuden zur Beheizung erfasste Wärme- und Energiemengen.[5]
- **Bedarf:**
rechnerisch ermittelte Größen für Wärme- und Energiemengen unter Zugrundelegung festgelegter Randbedingungen.[5]
- **Heizwärmebedarf:**
*rechnerisch ermittelte Wärmeeinträge über ein Heizsystem, die zum Aufrechterhalten einer bestimmten mittleren Raumtemperatur in einem Gebäude oder in einer Zone benötigt werden. Dieser Wert wird auch als **Netto-Heizenergiebedarf** bezeichnet.[5]*
- **Jahresheizwärmebedarf:**
Wärme, die den beheizten Räumen zugeführt werden muss, um die Solltemperatur der beheizten Räume einzuhalten. Soweit bei der Berechnung nach DIN EN 832 oder DIN V 4108-6 eine Wärmerückgewinnung berücksichtigt wird, entspricht der Heizwärmebedarf nach [9] der Summe aus dem Jahresheizwärmebedarf nach [5] und Q_{WR} nach [5] Gleichung 49.
- **Ausnutzungsgrad:**
Faktor, der den gesamten monatlichen oder jahreszeitlichen Wärmegewinn (inneren und passiv-solaren) reduziert, um den nutzbaren Teil des Wärmegewinnes zu ermitteln.
- **Systemgrenze:**
Die gesamte Außenoberfläche des Gebäudes bzw. der beheizten Zone eines Gebäudes, über die der Heizwärmebedarf mit einer bestimmten Innentemperatur ermittelt wird. Darin enthalten sind alle Räume die direkt oder indirekt durch Raumverbund beheizt werden. Räume, die bestimmungsgemäß nicht zur Beheizung vorgesehen sind, liegen außerhalb der Systemgrenze.[5]
- **Zone:**
Bereich eines Gebäudes, der durchschnittlich eine um mindestens 4 K unterschiedliche Innentemperatur gegenüber den übrigen Gebäudebereichen aufweist.
- **Wirksame Wärmespeicherfähigkeit:**
Teilbetrag der Wärmespeicherfähigkeit eines Gebäudes, der einen Einfluss auf den Heizwärmebedarf und auf die sommerliche Raumkonditionierung hat. Sie wird für den Sommer- und den Winterfall unterschiedlich ermittelt.
- **Spezifischer Wärmeverlust:**
Wärmestromkoeffizient einer beheizten Zone zur äußeren Umgebung. Auf die Differenz zwischen Innen- und Außenlufttemperatur bezogener Wärmeverlust eines Gebäudes infolge Transmission und Lüftung



- **Gesamtenergiedurchlassgrad g:**

Bewertet die Strahlungsdurchlässigkeit der Verglasung. Er ist definiert als das Verhältnis der durch die Verglasung in das Gebäudeinnere übertragenen Wärmeenergie zur auftreffenden Strahlungsenergie. Die Werte können aus Normen oder den Produktbeschreibungen der Hersteller entnommen werden.

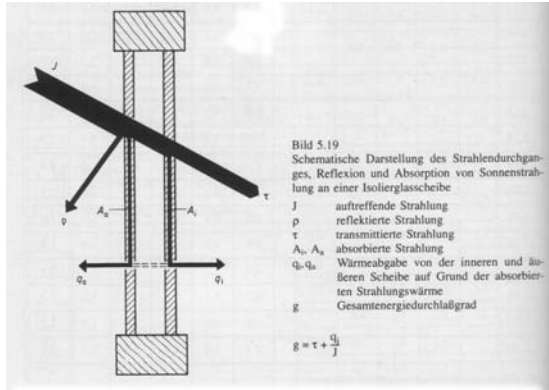


Bild 2-3 Darstellung des Strahlungsdurchganges

- **Lüftungswärmeverluste:**

Verluste die durch den Luftaustausch zwischen innen und außen entstehen, wenn warme Innenluft durch kalte Außenluft ausgetauscht wird. Der Lüftungswärmebedarf ist die stündlich aufzubringende Wärmemenge, um die Luft des aus dem Luftwechsel entstehenden Luftvolumenstromes \dot{V} von der Außentemperatur θ_e auf die Innentemperatur θ_i zu erwärmen.

- **Wärmeübertragende Gebäudehülle:**

Das ist die Fläche eines Gebäudes in m²; die nach DIN EN ISO 13789 Anhang B Fall „Außenabmessung“ ermittelte Außenfläche.

- **Bezugsvolumen:**

Das anhand der Außenmaße eines Gebäudes ermittelte und von der wärmeübertragenden Gebäudehülle (Systemgrenze) umschlossene Volumen, auch **Bruttovolumen** genannt.

- **Bezugsfläche:**

energierelevante Bezugsfläche, die eine energetische Bewertung von Gebäuden erlaubt

- **Verhältnis A/V_e:**

Das A/V_e-Verhältnis in m⁻¹ ist die wärmeübertragende Umfassungsfläche, bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen.

- **Nutzfläche A_N:**

Die Gebäudenutzfläche in m² wird durch die Ermittlung aller im Gebäude vorhandenen Nutzflächen (z.B.: Wohnraum, Flur, Abstellraum,...) berechnet. Nach [2] in Anlehnung an die [10] darf für die Gebäudenutzfläche vereinfacht folgende Formel angesetzt werden:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

Dient im öffentlich-rechtlichen Nachweis als Bezugsfläche.



- **Heizperiode:**
*laut der DIN V 4108-6 ist die Heizperiode die Zeit der Beheizung eines Gebäudes während der die mittleren Außenlufttemperaturen kleiner als die Heizgrenztemperaturen sind. Die Heizperiode hängt von meteorologischen Größen und von den wärmetechnische Gebäudeeigenschaften ab. Es gibt aber auch noch eine von der Jahreszeit abhängige Heizperiode, die im Mietrecht angewendet wird. Hier wird von einer Heizzeit vom 15.Sept bis zum 15.Mai ausgegangen, d.h. innerhalb dieses Zeitraumes muss die Heizung in Betrieb sein und dem Mieter das Heizen seiner Räume ermöglichen. Es wird dabei eine Heiztemperatur von $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ von 06⁰⁰ – 23⁰⁰ und $\theta_i = 18^\circ\text{C}$ in der von 23⁰⁰ – 06⁰⁰ angesetzt [24].
Eine zweite Möglichkeit der Definition der Heizperiode wird in [16] mit einem Zeitraum vom 01.Sept. – 31.Mai angegeben. Für die Heiztemperaturen und die Zeit werden die gleichen Daten angenommen. Die zweite Möglichkeit wird in dieser Arbeit nicht berücksichtigt.*
- **Heizgrenztemperatur:**
Außenlufttemperatur, ab der ein Gebäude bei einer vorgegebenen Raumlufttemperatur nicht mehr beheizt werden muss.
- **Berücksichtigung der Warmwasserbereitung bei Wohngebäuden:**
Bei Wohngebäuden ist der Energiebedarf für Warmwasser in der Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfs zu berücksichtigen. Als Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung Q_W sind 12,5 [kWh/(m²a)] anzusetzen [2].
- **Beheiztes Luftvolumen**
Das beheizte Luftvolumen ist nach [10] zu ermitteln. In Anlehnung an diese Norm dürfen für das Luftvolumen vereinfacht die Formeln
$$V = 0,76 \cdot V_g \text{ bei Gebäuden bis zu 3 Vollgeschossen}$$
$$V = 0,80 \cdot V_g \text{ in allen übrigen Fällen}$$
verwendet werden.
- **Wärmebrücken**
Wärmebrücken sind Schwachstellen in einer Baukonstruktion. Ihre Auswirkungen werden oft als Tauwasserschäden erkennbar. Für den Planer ist es daher wichtig zu erkennen, wo eine Wärmebrücke vorliegt und ob eine Verbesserung des Wärmeschutzes an dieser Stelle notwendig ist. Wärmebrücken sind bei der Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs auf eine der folgenden Arten zu berücksichtigen:
 1. Berücksichtigung durch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche,
 2. Bei Anwendung von Planungsbeispielen nach [7]. Berücksichtigung durch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche,
 3. Durch genauen Nachweis der Wärmebrücken nach [5] in Verbindung mit der [13].*Wurde der Wärmebrückeneinfluss bei Außenbauteilen bereits bei der Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten U berücksichtigt, darf die wärmeübertragende Umfassungsfläche A bei der Berücksichtigung des Wärmebrückeneinflusses nach den vorgenannten Bedingungen um die entsprechende Bauteilfläche vermindert werden.*



▪ **Fensterflächenanteil:**

Der Fensterflächenanteil des gesamten Gebäudes f ist nach [2] wie folgt zu ermitteln:

$$f = \frac{A_W}{A_W + A_{AW}}$$

mit

A_W ...Fläche der Fenster

A_{AW} ...Fläche der Außenwände

Verfügt das zu bearbeitende Gebäude über ein beheiztes Dachgeschoss, sind die dort vorhandenen Fensterflächen in die Flächen A_W , und die wärmeübertragenden Dachflächen in die Flächen A_{AW} mit einzubeziehen.

▪ **Nachweis der Dichtheit des gesamten Gebäudes**

„Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend dem Stand der Technik abgedichtet ist. Dabei muss die Fugendurchlässigkeit außenliegender Fenster, Fenstertüren und Dachflächenfenster Anhang 4 Nr. 1 genügen. Wird die Dichtheit nach den Sätzen 1 und 2 überprüft, ist der Anhang 4 Nr. 2 einzuhalten.“[2]

Im Anhang 4 der EnEV ist festgelegt, dass nach DIN EN 13829 (02/2001) der gemessene Volumenstrom bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa, bezogen auf das beheizte Luftvolumen, bei Gebäuden

ohne raumlufttechnische Anlagen

3 h⁻¹ und

mit raumlufttechnischen Anlagen

1,5 h⁻¹

nicht überschreiten darf.

▪ **Luftwechselrate**

gibt an, welche Raumlufthmenge (beheizt) in m³ je Stunde durch die Außenluft ersetzt wird. Für die Luftwechsel wird in [3] aus Gründen der Hygiene und der Begrenzung der Raumlufftfeuchte ein Mindestwerte von **0,5 h⁻¹** gefordert. Für das Nachweisverfahren werden nach [5] zwei Luftwechselraten zur Berechnung der Lüftungswärmeverlusten vorgeschrieben. Die erste Luftwechselrate **n = 0,7 h⁻¹** muss verwendet werden, wenn das Gebäude den Nachweis der Luftdichtheit nach den oben genannten Maßstäben nicht erfüllt hat. Werden die Anforderungen erfüllt, darf der Wert **n = 0,6 h⁻¹** für die Berechnung angenommen werden.

Für das Berechnungsverfahren wird von anderen Werten ausgegangen, da es hierbei um eine möglichst genaue Darstellung für des Gebäude geht.

Der Luftwechsel über die Fensterfugen kann nach [6] mit folgender Formel berechnet werden:

$$m_t = c_d \frac{A}{3} \left(\Delta\theta \cdot g \cdot \frac{H}{T_m} \right)^{0,5}$$

Neben dieser Möglichkeit der Berechnung kann für die Ermittlung der Luftwechselrate auch auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden.

Hier wird nach [23] **n = 1,5 h⁻¹** für gekippte Fenster (erhöhte Nachtlüftung) und **n = 0,5 h⁻¹** für geschlossene Fenster (nur Fugenlüftung) angegeben.



- **Jahresprimärenergiebedarf:**
Energiemenge, die einem Gebäude zum Zwecke der Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung jährlich zugeführt werden muss, unter Berücksichtigung der Verluste und der zusätzlichen Energiemengen in den Energieumwandlungsketten innerhalb und außerhalb des Gebäudes.
- **Primärenergieaufwandszahl:**
ist ein Faktor, der zwischen dem energetischen Nutzen eines Gebäudes, also der Summe aus dem Jahresheizwärmebedarf und dem standardisierten Warmwassernutzenergiebedarf von 12,5 kWh/m²a, und dessen Primärenergiebedarf steht.



3. Einführung in die Wärmebrückenproblematik

Als Wärmebrücke werden örtlich begrenzte Stellen bezeichnet, die im Vergleich zu den angrenzenden Bauteilbereichen eine höhere Wärmestromdichte aufweisen. Ihr physikalisches Merkmal zeigt sich dadurch, dass die Wärmestromlinien an dieser Stelle nicht mehr parallel zueinander verlaufen, sondern verzerrt sind. Das Problem an dieser örtlich erhöhten Wärmestromdichte ist nicht nur ein zusätzlicher Wärmeverlust, sondern auch eine Reduzierung der Oberflächentemperatur des Bauteiles in dem betreffenden Bereich.

Der erhöhte Wärmeverlust im Bereich der Wärmebrücken verursacht eine Erhöhung des Transmissionswärmeverlustes und damit auch einen höheren Heizwärmebedarf des Gebäudes. Dieser Mehrbedarf muss bei der Dimensionierung der Heizungsanlage berücksichtigt werden. Wärmebrücken verursachen damit nicht nur erhöhte Investitionskosten bei der Auslegung der Heizungsanlage, sondern führen auch zu höheren Heizkosten bei der Gebäudenutzung.

Für den Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes nach [2] müssen daher an den wärmeübertragenden Umfassungsflächen des beheizten Gebäudes die Wärmebrücken und ihre Einflüsse auf den Wärmeschutz berücksichtigt werden.

Neben zwei Möglichkeiten, die Wärmebrücken nach einer Pauschalmethode zu berechnen, gibt es noch eine dritte Nachweismöglichkeit. Hierbei wird jede einzelne Wärmebrücke detailliert nachgewiesen. Diese Möglichkeit des Nachweises ist sehr aufwändig, gibt aber auch ein sehr viel genaueres Bild über die Wärmebrückensituation des Gebäudes. In den meisten Fällen liefert diese Methode einen geringeren Jahresheizwärmebedarf. Es empfiehlt sich also, auf dieses Verfahren zurückzugreifen, wenn die Anforderungen des energiesparenden Wärmeschutzes nur sehr knapp erfüllt werden.

Dabei können die Wärmebrücken zu normal ($\theta_i \geq 19^\circ\text{C}$) und niedrig ($12^\circ\text{C} \leq \theta_i < 19^\circ\text{C}$) beheizten Bereichen vernachlässigt werden.

3.1. Pauschalmethode ohne Nachweis der Wärmebrücke

Bei dieser Methode wird auf den U-Wert des Bauteiles wie oben beschrieben ein fester Korrekturwert addiert. Dieses hat Einfluss auf den spezifischen Transmissionswärmeverlust des Gebäudes.

$$H_T = \Sigma[(F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i) + (\Delta U_{WB} \cdot A_i)]$$

Als pauschaler Korrekturwert ist hier $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ anzusetzen. Dies entfällt für Bauteile, bei denen der Wärmebrückeneinfluss schon bei der U-Wert Berechnung mit beachtet wurde. Das sind z.B. Fenster, bei denen der WB-Einfluss des Randverbundes bereits in den Berechnungsverfahren der DIN EN ISO 10077-1 berücksichtigt wurde.

3.2. Pauschalmethode mit Nachweis der Wärmebrücke

Bei dieser Methode wird wie bei dem o. a. Berechnungsverfahren der Wärmebrückeneinfluss durch einen pauschalen Korrekturwert $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt.

Dieser Ansatz ist zulässig, wenn die energetische Güte aller Wärmebrücken gemäß den Regelkonstruktionen von DIN 4108 Bbl. 2 nachgewiesen wurde.

Für das vereinfachte Nachweisverfahren von Wohngebäuden nach der EnEV ist nur diese Methode zulässig.



3.3. Tatsächlich vorhandene Wärmebrücken des Gebäudes

Hierbei werden alle vorhandenen linienförmigen Wärmebrücken des Gebäudes im Einzelnen betrachtet und berechnet.

Der erhöhte Transmissionswärmeverlust über die linienförmigen Wärmebrücken wird über den so genannten längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ψ nach [13] erfasst.

Es gilt dann:

$$H_T = \sum (F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i) + \sum (F_{xj} \cdot \Psi_j \cdot l_j)$$

Der längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient beschreibt die Wärmeverlustdifferenz des gestörten Wärmebrückenbereiches zum ungestörten Bereich. Der Ψ -Wert kann aus Wärmebrückenkatalogen entnommen, oder nach [13] für jede linienförmige Wärmebrücke wie folgt ermittelt werden:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i)$$

Eine Ausnahme bildet die Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten im Bereich der Bodenplatte, wenn die Wärmestromverteilung schon mit angrenzendem Erdreich berechnet wurde. In diesem Fall muss der Temperatur-Korrekturfaktor $F_{x,j}$ in der Berechnung des Ψ -Wertes berücksichtigt werden, da die o. g. Formel für den Transmissionswärmeverlust von luftumschlossenen Bauteilen ausgeht.

Der längenbezogene thermische Leitwert einer Wärmebrücke setzt sich wie folgt zusammen:

$$L^{2D} = \frac{q}{\theta_i - \theta_e}$$

Bei der Berechnung von Wärmebrücken mit Hilfe von numerischen Rechenprogrammen wird von einer Ungenauigkeit von $\pm 5\%$ ausgegangen [15]. Diese Unsicherheit bietet jedoch eine verhältnismäßig hohe Genauigkeit gegenüber der Anwendung von Wärmebrückenkatalogen, bei denen von einer Ungenauigkeit von $\pm 20\%$ ausgegangen wird.

Zu beachten ist, dass alle Wärmebrückenverlustkoeffizienten auf die Außenabmessungen des Gebäudes bezogen sind. Da die wärmeübertragenden Umfassungsflächen nach [2] Anhang 1, Kapitel 1.3 auch nach den Außenabmessungen des Gebäudes ermittelt werden, ist diese sogar eine wünschenswerte Vorgehensweise.

Der spezifische Transmissionswärmeverlust infolge der Wärmebrücken ΔH_{WB} kann so durch Multiplikation der Ψ -Werte mit den schon ermittelten Außenlängen der linienförmigen Wärmebrücke errechnet werden.

$$\Delta H_{WB} = \Psi_i \cdot l_i$$



3.3.1. Randbedingungen

Für die Ermittlungen der Wärmeströme und Ψ -Werte wurden folgende stationären Bedingungen angenommen. Die Berechnung erfolgte unter Zuhilfenahme der Computerprogramm HEAT 2D.

Zugrunde gelegte Parameter:

Außentemperatur:	$\theta_e = -15 \text{ °C}$
Raumlufttemperatur:	$\theta_i = +20 \text{ °C}$
äußerer Wärmeübergangswiderstand:	$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
innerer Wärmeübergangswiderstand:	$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe:

Wärmedämmstoffe:	$\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
Holz und Holzwerkstoffe:	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
Gipsbaustoffe:	$\lambda = 0,25 \text{ W/mK}$
Klinker:	$\lambda = 0,81 \text{ W/mK}$
Zementestrich	$\lambda = 1,40 \text{ W/mK}$

3.3.2. Berechnung der vorhandenen Wärmebrücken

▪ Detail Wandecke mit 90° Winkel und keramischem Belag auf Wärmedämmung

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = 5,8496 + 5,37 = 11,22 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{11,22}{(20 - (-15))} = 0,32 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U - Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,014}{0,96} + \frac{0,07}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,13 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 1,38 \text{ m}$$

$$l_2 = 1,33 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_j \cdot l_j) = 0,32 - (0,13 \cdot 1,38 + 0,13 \cdot 1,33) = \underline{\underline{-0,03 \text{ W/(mK)}}}$$



▪ **Detail Wandanschluss an Sohlplatte ohne Keller**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = 6,00 + 31,03 = 37,03 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{37,03}{(20 - (-15))} = 1,06 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wert im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,014}{0,96} + \frac{0,07}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,13 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 1,18 \text{ m}$$

$$U_2 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,17 + \frac{0,05}{1,4} + \frac{0,12}{0,04} + \frac{0,12}{2,1} + 0,00} = 0,31 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_2 = 4,91 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 1,06 - (0,31 \cdot 4,91 + 0,13 \cdot 1,18) = \underline{\underline{0,15 \text{ W/(mK)}}}$$

▪ **Detail Rippenbereich in der Außenwand mit keramischem Belag auf Wärmedämmung**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Verteilung:

$$q_1 = 1,53 + 0,39 = 1,92$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{1,92}{(20 - (-15))} = 0,05 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,014}{0,96} + \frac{0,07}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,13 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 0,60 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenkorrekturwertes:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 0,05 - 0,13 \cdot 0,60 = \underline{\underline{-0,03 \text{ W/(mK)}}}$$



▪ **Detail Dachsparren**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = 1,91 + 0,75 = 2,66 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{2,66}{(20 - (-15))} = 0,08 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,009}{0,25} + 0,15 + \frac{0,20}{0,04} + 0,10} = 0,18 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 0,60 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 0,08 - (0,18 \cdot 0,60) = - \underline{\underline{0,03 \text{ W/(mK)}}}$$

▪ **Detail Decken/Wandanschluss, DG-Brüstungsaufdoppelung und keramischer Belag auf Wärmedämmung**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = (2,407 + 2,2422 + 0,5189) = 5,17 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{5,17}{(20 - (-15))} = 0,15 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,10}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,07}{0,04} + \frac{0,014}{0,96} + 0,13} = 0,22 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 0,62 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 0,15 - 0,22 \cdot 0,62 = \underline{\underline{0,01 \text{ W/(mK)}}}$$



▪ **Detail Fensteranschluss Brüstung mit keramischem Belag**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = (0,6929 + 0,0511 + 0,4252 + 4,6141) = 5,78 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{5,78}{(20 - (-15))} = 0,17 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,014}{0,81} + \frac{0,07}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,13 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 1,06 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 0,17 - 0,13 \cdot 1,06 = \underline{\underline{0,02 \text{ W/(mK)}}}$$

▪ **Detail Fensteranschluss Mittelstiel mit Holzverleistung**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = (0,8357 + 1,0138 + 0,2314 + 2,1779 + 0,2314 + 1,0138 + 0,8357) = 6,34 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{6,34}{(20 - (-15))} = 0,18 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,03}{0,13} + \frac{0,18}{0,13} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,009}{0,13} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,52 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 0,18 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 0,18 - 0,52 \cdot 0,18 = \underline{\underline{0,09 \text{ W/(mK)}}}$$



▪ **Detail Fensteranschluss Randstiel mit Holzfassade**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = (6,2776 + 0,0192 + 0,0103 + 1,1828) = 7,49 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{7,49}{(20 - (-15))} = 0,21 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + 0,15 + \frac{0,012}{0,133} + \frac{0,04}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$l_1 = 1,10 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = (0,21 - 0,15 \cdot 1,10) = \underline{\underline{0,04 \text{ W/(mK)}}}$$

▪ **Detail Fensteranschluss Randstiel mit keramischem Belag**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = (6,4573 + 2,0915) = 8,55 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{8,55}{(20 - (-15))} = 0,24 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,014}{0,96} + \frac{0,07}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,13 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$l_1 = 1,21 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = (0,24 - 0,13 \cdot 1,21) = \underline{\underline{0,07 \text{ W/(mK)}}}$$



▪ **Detail Dachtraufe, DN 25°, 1,5geschoßig**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = (0,2626 + 0,1385 + 0,433 + 0,1769 + 0,494 + 0,5085 + 0,1909 + 0,5079 + 0,1892 + 0,5121 + 0,176 + 0,5045 + 0,1738 + 0,4845 + 0,1956 + 0,4798 + 0,1892 + 0,4352 + 0,1552 + 0,3376 + 0,0915 + 0,181 + 0,0482 + 0,0683 + 0,072 + 0,0095 + 0,014 + 0,4222 + 2,1384 + 0,865 + 0,117 + 0,0402 + 0,11 + 1,2165) = 12,13 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{12,13}{(20 - (-15))} = 0,35 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,20}{0,04} + 0,13} = 0,19 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 1,60 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 0,35 - 0,19 \cdot 1,60 = \underline{\underline{0,05 \text{ W/(mK)}}}$$

▪ **Fensteranschluss Sturz mit Holzfassade / keramischem Belag**

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = (6,6638 + 0,0051 + 0,0131 + 1,0479 + 1,9419 + 0,2382) = 9,91 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{9,91}{(20 - (-15))} = 0,28 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + 0,15 + \frac{0,022}{0,244} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,04}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,14 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 1,25 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 0,28 - 0,14 \cdot 1,25 = \underline{\underline{0,10 \text{ W/(mK)}}}$$



▪ Detail Wandecke mit Holzschalung

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = 5,85 + 5,37 = 11,22 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längebezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{11,22}{(20 - (-15))} = 0,32 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + 0,15 + \frac{0,022}{0,244} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,04}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,14 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 1,32 \text{ m}$$

$$l_2 = 1,34 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 0,32 - (0,14 \cdot 1,32 + 0,14 \cdot 1,34) = \underline{\underline{-0,05 \text{ W/(mK)}}}$$

▪ Detail Wandrippe mit Holzschalung

1.) Wärmestromverteilung im Bauteil, nach numerischer Berechnung:

$$q_1 = 1,53 + 0,39 = 1,92 \text{ W/m}$$

2.) Berechnung des längenbezogenen thermischen Leitwertes:

$$L^{2D} = \frac{q_1}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{1,92}{(20 - (-15))} = 0,05 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

3.) Berechnung des U-Wertes im ungestörten Bereich:

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,04 + 0,15 + \frac{0,022}{0,244} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,04}{0,04} + \frac{0,013}{0,13} + \frac{0,20}{0,04} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13} = 0,14 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$l_1 = 0,60 \text{ m}$$

4.) Berechnung des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten:

$$\Psi = L^{2D} - \sum (U_i \cdot l_i) = 0,05 - 0,14 \cdot 0,6 = \underline{\underline{-0,03 \text{ W/(mK)}}}$$



3.3.3. Übersicht der Wärmebrücken

WB-Nr.	Detail	Ψ -Wert W/(mK)	l m	$\Psi \cdot l$ W/m
1.	Detail Wandecke mit 90° Winkel und keramischem Belag auf Wärmedämmung	-0,03	3,97	-0,12
2.	Detail Wandanschluss an Sohlplatte ohne Keller	0,15	9,24	1,39
3.	Detail Rippenbereich in der Außenwand mit keramischem Belag auf Wärmedämmung	-0,03		
3.1	Stiellänge: 3,97 m		3,97	-0,12
3.2	Stiellänge: 1,17 m		1,17	-0,04
4	Detail Dachsparren	-0,03	1,90	-0,06
5.	Detail Decken/Wandanschluss, DG-Brüstungsaufdoppelung und keramischer Belag auf Wärmedämmung	0,01	9,24	0,09
6.	Detail Fensteranschluss Brüstung mit keramischem Belag	0,02		
	6.1		0,61	0,01
	6.2		1,11	0,02
	6.3		1,61	0,03
	6.4		1,99/2,11	0,04
7	Detail Fensteranschluss Mittelstiel mit Holzverleistung	0,09	2,43	0,25
8	Detail Fensteranschluss Randstiel mit Holzfassade	0,04	2,43	0,10
9	Detail Fensteranschluss Randstiel mit keramischem Belag	0,07		
	9.1		2,43	0,17
	9.2		1,17	0,08
10	Detail Dachtraufe, DN 25°, 1,5geschoßig	0,05	9,24	0,83
11	Fensteranschluss Sturz mit Holzfassade / keramischem Belag	0,10		
	11.1		0,61	0,06
	11.2		1,11	0,11
	11.3		1,61	0,16
	11.4		1,99/2,00	0,20
12	Detail Wandecke mit Holzschalung	-0,05	1,06	-0,05
13	Detail Wandrippe mit Holzschalung	-0,03	1,06	-0,03

Tabelle 3-1 Übersicht über die berechneten Wärmebrücken des Holzbau - Standard

3.4. Ergebnis der detaillierten Wärmebrückenberechnung (ΔH_{WB})

Für das untersuchte Gebäude ergibt sich ein Wärmebrückenzuschlag von

$$\Delta H_{WB, ges.} = 1,60 + 2,17 + 1,04 + 0,93 = \underline{\underline{5,74 \text{ W/K}}}$$

Eine Zusammenstellung der einzelnen Ergebnisse ist dem **Anhang VI** zu entnehmen.



4. Nachweis des Jahresheizwärmebedarfs nach EnEV in Verbindung mit der DIN V 4108-6

Im Nachweisverfahren nach [5] werden für die Berechnung die in der Norm festgelegten Werte angenommen.

Diese Annahmen beziehen sich auf den Gesamtenergiedurchlassgrad der Fenster, die Gradtagzahl, das Außenklima und den Temperatur-Korrekturfaktor. Die anzusetzenden Werte sind in Kapitel 4.1.1 angegeben.

Als Hauptanforderung wird für das bearbeitete Gebäude nach [2] Anhang 1 Tab. 1 ein Primärenergiebedarf von

$$Q_p'' \leq 50,94 + 75,29 \cdot \frac{A}{V_e} + \frac{2600}{100 + A_N} = 50,94 + 75,29 \cdot 0,75 + \frac{2600}{100 + 0,32 \cdot 483,53}$$
$$= 117,78 \quad \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^2\text{a})}$$

gefordert.

Daraus ergibt sich, bei Zugrundelegung eines Heizanlagenaufwandswertes $e_P = 1,38$ [-], ein Nutzwärmebedarf von $Q_h'' = 85,35$ kWh/(m²K). In diesem Nutzwärmebedarf ist ein Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung $Q_{TW} = 12,5$ [kWh/a] enthalten.

Der Aufwandswert für die Heizanlage wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$e_P = e_A \cdot f_P$$

hierbei sind:

e_A ...Aufwandszahl der gesamten Anlagentechnik	- Standardausführung: $e_A = 1,25$ [-]
	- verbesserter Standard: $e_A = 1,18$ [-]
	- optimale Ausführung: $e_A = 1,10$ [-]
f_P ...Primärenergieumwandlungsfaktor	- Heizöl, Erdgas: $f_P = 1,1$ [-]
	- Strom: $f_P = 3,0$ [-]



4.1. Vereinfachter Nachweis der Varianten A bis C nach EnEV

4.1.1. Formeln und Randbedingung für den Vereinfachten Nachweis

1.) Randbedingungen

- Wärmedurchgangskoeffizienten: **Siehe Kapitel 2.1.1 bis 2.1.3**
- Außenklima: **nach [5] Tab. D.1**
- Gesamtenergiedurchlassgrad
(nach [4] Tab.5) : $g = 0,5 [-]$
 $g = 0,6 [-]$
- Temperatur-Korrekturfaktor
(nach [2] Anhang 1 Tab. 3) : $F_{AW} = 1$
 $F_W = 1$
 $F_G = 0,6$
- Rauminnentemperatur: $\theta_i = 19^\circ \text{C}$
- Außenlufttemperatur: $\theta_e = 10^\circ \text{C}$
- Heiztage: $t_{t,HP} = 185 [\text{d}]$
- Gradtagzahl: $Gt = 2900 [\text{Kd}]$
- Ausnutzungsgrad: $\eta_P = 0,95$
- Wärmebrückenzuschlag: $\Delta U_{WB} = 0,05 [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$
- Luftwechselrate: $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$
 $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$

2.) Formel (vereinfachtes Nachweisverfahren) nach [18]:

a. Verluste:

- Transmissionswärmeverluste

$$H_T = \sum (F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i) + \Delta U_{WB} \cdot A$$

- H_T ...spezifischer Transmissionswärmeverlust in W/K
 F_{xi} ...Temperatur-Korrekturfaktor nach EnEV Anhang 1 Tab 3
 U_i ...Wärmedurchgangskoeffizient in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
(Berechnung nach DIN EN ISO 6946)
 A_i ...Bauteilfläche in m^2
 A ...wärmeübertragende Gebäudehüllfläche in m^2
 ΔU_{WB} ...pauschaler Wärmebrückenzuschlag
(im Vereinfachten Verfahren $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

b. Lüftungswärmeverluste:

- ohne Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4:
 $H_V = 0,19 \cdot V_e$
- mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4
 $H_V = 0,163 \cdot V_e$

- H_V ...spezifischer Lüftungswärmeverlust in W/K
 V_e ...beheiztes Gebäudevolumen in m^3
(Außenabmessung)
- ###### c. Gewinne:



$$Q_{g,HP} = Q_{s,HP} + Q_{i,HP}$$

$Q_{g,HP}$...Wärmegewinne der Heizperiode in kWh

$Q_{s,HP}$...solaren Wärmegewinne der Heizperiode in kWh

$Q_{i,HP}$...interne Wärmegewinne der Heizperiode in kWh

- Solare Gewinne:

$$Q_{s,HP} = \sum_{j=1}^m (I_s t)_{j,HP} \sum_{i=1}^n 0,567 \cdot g_i \cdot A_i$$

$(I_s t)_{j,HP}$...Gesamtenergie der Globalstrahlung auf eine Flächeneinheit mit der Ausrichtung j während einer Heizperiode in kWh/m²

Orientierung:	$\Sigma (I_s t)_{j,HP}$	
Südost bis Südwest	270	kWh/(m ² a)
Nordwest bis Nordost	100	kWh/(m ² a)
Übrige Richtung	155	kWh/(m ² a)
Dachflächenfenster < 30°	225	kWh/(m ² a)

g_i ...Gesamtenergiedurchlassgrad

A_i ...Fensterflächenanteil in m² (Rohbaumaße)

- Interne Gewinne:

$$Q_{i,HP} = 22 \cdot A_N$$

A_N ...Gebäudenutzfläche in m²

(EnEV: bei Wohngebäuden gilt $A_N = 0,32 \cdot V_e$)

V_e ...beheiztes Gebäudevolumen in m³

(Außenabmessungen)

- d. Jahresheizwärmebedarf:

$$Q_h = Q_{i,HP} - \eta_P \cdot Q_{g,HP}$$

Q_h ...Jahresheizwärmebedarf in kWh/a

$Q_{i,HP}$...Wärmeverluste (Transmission und Lüftung)

$Q_{g,HP}$...Wärmegewinne (interne und solare)

η_P ...Ausnutzungsgrad während der Heizperiode
(EnEV: $\eta_P = 0,95$)

$$Q_{i,HP} = 0,024 \text{ Gt} (H_T + H_V)$$

$Q_{i,HP}$...Wärmeverluste der Heizperiode in kWh

Gt ...Gradtagzahl (EnEV: Gt = 2750 Kd)

H_T ...spezifischer Transmissionswärmeverlust in W/K

H_V ...spezifischer Lüftungswärmeverlust in W/K

$$Q_{g,HP} = Q_{s,HP} + Q_{i,HP}$$

Bei dem Vereinfachten Nachweisverfahren werden folgende Punkte nicht berücksichtigt:



- Nachtabsenkungen
- Bauschwere
- RLT – Anlagen
- erhöhte interne Gewinne (z.B. Bürogebäude)
- solarenergiegewinnende Systeme wie transparente Wärmedämmungen oder Wintergärten



4.2. Nachweis der Varianten A bis C nach dem Monatsbilanzverfahren (MB-Verfahren)

Wie schon in Kapitel 2.2 beschrieben gibt es eine zweite Möglichkeit zur Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs, das Monatsbilanzverfahren. Dieses Verfahren liefert einen genaueren Wert für den Jahresheizwärmebedarf als das vereinfachte Verfahren, da hier die Berechnung auf der Basis der einzelnen Monate des Jahres vorgenommen wird. Die Formeln und Berechnungen sind in Kapitel 4.2.1 Aufzählung 2.) Seite 40 beschrieben.

4.2.1. Randbedingungen für den Nachweis nach dem MB-Verfahren

1.) Randbedingungen

- Referenzklima: **Deutschland**
- Gebäudeinnentemperatur: $\theta_i = 19^\circ \text{C}$
- Temperatur-Korrekturfaktor
(nach EnEV Anhang 1 Tab. 3): $F_{AW} = 1$
 $F_D = 1$
 $F_W = 1$
 $F_G = 0,6$
- Mittlere interne Wärmegewinne: $q_i = 5 \text{ [W/m}^2\text{]}$
- Luftwechselrate:
(nach [5] Tab. D.3) $n = 0,7$
 $n = 0,6$
- Verschattungsfaktor: $F_s = 0,9$
- Abminderungsfaktor
für ständigen Sonnenschutz: $F_c = 1,0$ (keine Verschattung)
- Abminderungsfaktor
infolge nicht senkrechter
Sonneneinstrahlung: $F_w = 0,9$
- Abminderungsfaktor
für den Rahmen: $F_F = 0,7$
- Ermittlung des beheizten
Gebäudevolumens: $V = 0,76 \cdot V_e$
- Wärmebrückeneinfluss (WB): $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$
(keine Berücksichtigung der [7])
 $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$
(unter Berücksichtigung der [7])
 $\Delta H_{WB} = 5,74 \text{ [W/K]}$ (siehe Kapitel 3.3)
- Wirksame
Wärmespeicherfähigkeit: $C_{\text{wirk},\eta} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)} \cdot V_e$ (ohne Nachtabenkung)



2.) Formeln zur Berechnung des MB-Verfahren nach [5]:

a. Verluste:

- Transmissionswärmeverluste

$$H_T = \sum (F_{xi} U_i A_i) + \Delta U_{WB} \cdot A$$
 (bei Berücksichtigung der pauschalen Wärmebrückenzuschläge)

$$H_T = \sum (F_{xi} U_i A_i) + \Delta H_{WB} \quad (\text{bei detailliertem Wärmebrückennachweis})$$

H_T ...spezifischer Transmissionswärmeverlust

ΔU_{WB} ...pauschaler Wärmebrückenzuschlag [W/(m²K)] nach [5]
(bei Fenstern $\Delta U_{WB} = 0$)

ΔH_{WB} ...detaillierter Wärmebrückenzuschlag [W/K]

F_{xi} ...Temperatur-Korrekturfaktor

U_i ...Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m²K)]

A_i ...Bauteilfläche [m²]

A ...wärmeübertragende Gebäudehüllfläche [m²]

- Lüftungswärmeverluste:

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

H_V ...spezifischer Lüftungswärmeverlust

n ...Außenluftwechsel [h⁻¹]

V ...beheiztes Gebäudevolumen ($V = 0,76 \cdot V_e$)

$\rho_L \cdot c_{pL}$...Wärmespeicherfähigkeit der Luft ($\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34$ [Wh/(m³K)])

b. Gewinne:

- Gesamt Wärmegewinne:

$$Q_{g,M} = 0,024 (\Phi_{s,M} + \Phi_{i,M}) \cdot t_M$$

$Q_{g,M}$...Wärmegewinne des Monats [kWh]

$\Phi_{s,M}$...mittlerer monatl. solarer Wärmegewinnstrom [W]

$\Phi_{i,M}$...mittlerer monatl. interner Wärmegewinnstrom [W]

t_M ...Anzahl der Tage des betreffenden Monats

- Solare Wärmegewinne:

$$\Phi_{s,M} = \sum_{j=1}^m I_{s,M,j} \cdot \sum_{i=1}^n F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$$

$I_{s,M,j}$...monatl. mittl. Strahlungsintensität auf eine Flächeneinheit mit der Ausrichtung j [W/m²]
(Werte entsprechend des Referenzklima aus [5] Tab. D.5)

F_F ...Abminderungsfaktor für den Rahmen

F_S ...Abminderungsfaktor für Verschattung

F_C ...Abminderung für permanente Verschattung

g_i ...wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad ($g = F_W \cdot g_{\perp}$)

A_i ...Fensterfläche



- Interne Wärmegewinne:

$$\Phi_{i,M} = q_{i,M} \cdot A_N$$

$q_{i,M}$...mittl. flächenbez. interne Wärmeleistung [W/m²]

A_N ...Gebäudenutzfläche ($A_N = 0,32 \cdot V_e$)

V_e ...beheiztes Gebäudevolumen

- c. Jahresheizwärmebedarf

$$Q_h = \sum Q_{h,M \text{ pos}}$$

Q_h ...Jahresheizwärmebedarf [kWh/a]

$Q_{h,M \text{ pos}}$...Heizwärmebedarf eines Monats mit einer positiven Wärmebilanz $Q_{h,M} > 0$

$$Q_{h,M} = Q_{i,M} - \eta_M \cdot Q_{g,M}$$

$Q_{i,M}$...monatliche Wärmeverluste [kWh]

$Q_{g,M}$...monatliche Wärmegewinne [kWh]

η_M ...monatlicher Ausnutzungsgrad der Gewinne

$$Q_{i,M} = 0,024 (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot t_M \cdot (H_T + H_V)$$

θ_i ...Sollinnentemperatur

$\theta_{e,M}$...mittl. Außentemperatur des Monats

t_M ...Anzahl der Tage des betreffenden Monats

$$Q_{g,M} = 0,024 (\Phi_{s,M} + \Phi_{i,M}) \cdot t_M$$

$\Phi_{s,M}$...mittlerer monatl. solare Wärmegewinnstrom [W]

$\Phi_{i,M}$...mittlerer monatl. interner Wärmegewinnstrom [W]



4.3. Gegenüberstellung und Auswertung des Vereinfachten Verfahrens und des MB-Verfahrens

In diesem Kapitel geht es um einen grundsätzlichen Nachweis nach Energieeinsparverordnung. Wie schon beschrieben dient als Grundlage der Referentenentwurf vom 07.03.2001. Anders als bei der Berechnung geht es beim Nachweisverfahren nach [2], um die Erfüllung der Hauptanforderung unter Anwendung von vorgeschriebener Randbedingungen. Diese Parameter (Randbedingungen) sind für die beiden gewählten Nachweisverfahren (Vereinfachtes Nachweis- und Monatsbilanzverfahren) in der Energieeinsparverordnung, in der DIN V 4108-6 und für die Heizungsanlagen in der DIN V 4701-10 festgelegt (siehe auch Kapitel 4.1.1 Seite 36 und 4.2.1 Seite 39).

Die unten aufgeführte Tabelle 4-1 gibt einen Überblick über die errechneten Verluste, Gewinne und den Jahresheizwärmebedarf sowohl als bilanzierter Jahreswert, als auch als flächenbezogener Wert.

Anhand dieser Tabelle lässt sich schon sehr gut eine Tendenz im Verhältnis der Behandlung Luftdichtheit und der verschiedenen Berücksichtigungen der Wärmebrücken feststellen. Die Berechnungen zu den verschiedenen Ergebnissen finden sich im **Anhang VII**.



	Holzbau - Standard (Variante A)		Holzbau - 3-Liter (Variante B)		Holzbau - Passiv (Variante C)	
	ohne Dichtheitsprüfung	mit Dichtheitsprüfung	ohne Dichtheitsprüfung	mit Dichtheitsprüfung	ohne Dichtheitsprüfung	mit Dichtheitsprüfung
Verluste :						
Transmission	WK	WK	WK	WK	WK	WK
vereinfachtes Verfahren	151,10	151,10	133,12	133,12	91,26	91,26
MB-Verfahren WB-Zuschlag = 36,36 WK	165,10	165,10	146,86	146,86	104,59	104,59
MB-Verfahren WB-Zuschlag = 18,18 WK	149,14	149,14	130,90	130,90	88,62	88,62
MB-Verfahren WB-Zuschlag = 5,74 WK	138,92	138,92	120,68	120,68	78,40	78,40
Lüftung	WK	WK	WK	WK	WK	WK
vereinfachtes Verfahren	91,87	78,82	91,87	78,82	91,87	78,82
MB-Verfahren	87,46	74,97	87,46	74,97	87,46	74,97
Gewinne :						
solare	kW/a	kW/a	kW/a	kW/a	kW/a	kW/a
vereinfacht Verfahren	2.349	2.349	2.349	2.349	3.059	3.059
MB-Verfahren	33.715	33.715	33.715	33.715	43.830	43.830
interne	kW/a	kW/a	kW/a	kW/a	kW/a	kW/a
vereinfacht Verfahren	3.404	3.404	3.404	3.404	3.404	3.404
MB-Verfahren	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777
Jahres-Heizwärmebedarf :						
Q_h	kW/a	kW/a	kW/a	kW/a	kW/a	kW/a
vereinfacht Verfahren	10.571	9.709	9.384	8.523	5.946	5.085
MB-Verfahren WB-Zuschlag = 36,36 WK	8.106	7.314	6.957	6.191	3.552	2.946
MB-Verfahren WB-Zuschlag = 18,18 WK	7.098	6.329	5.982	5.242	2.784	2.227
MB-Verfahren WB-Zuschlag = 5,74 WK	6.467	5.714	5.375	4.654	2.325	1.804
Q'_h	kW/m²a	kW/m²a	kW/m²a	kW/m²a	kW/m²a	kW/m²a
vereinfacht Verfahren	68,32	62,75	60,65	55,08	38,43	32,86
MB-Verfahren WB-Zuschlag = 36,36 WK	52,39	47,27	44,96	40,01	22,96	19,04
MB-Verfahren WB-Zuschlag = 18,18 WK	45,87	40,90	38,66	33,88	17,99	14,39
MB-Verfahren WB-Zuschlag = 5,74 WK	41,80	36,93	34,74	30,08	15,02	11,66

Tabelle 4-1 Übersicht der Ergebnisse nach dem Vereinfachten Nachweis und dem Monatsbilanzverfahren

Aus dieser Tabelle ergibt sich folgende Variantenbildung:

- Vereinfachtes Nachweisverfahren:
 - Variante A 1 (n=0,7)
 - Variante A 2 (n=0,6)
 - Variante B 1 (n=0,7)
 - Variante B 2 (n=0,6)
 - Variante C 1 (n=0,7)
 - Variante C 2 (n=0,6)
- Monatsbilanzverfahren:
 - Variante A 1.1 ($\Delta U_{WB} = 0,10 [W/(m^2K)]$)
 - Variante A 1.2 ($\Delta U_{WB} = 0,05 [W/(m^2K)]$)
 - Variante A 1.3 ($\Delta H_{WB} = 5,74 [W/K]$)
 - Variante B 1.1 ($\Delta U_{WB} = 0,10 [W/(m^2K)]$)



Variante B 1.2 ($\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$)

Variante B 1.3 ($\Delta H_{WB} = 5,74 \text{ [W/K]}$)

Variante C 1.1 ($\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$)

Variante C 1.2 ($\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$)

Variante C 1.3 ($\Delta H_{WB} = 5,74 \text{ [W/K]}$)



4.3.1. Auswertung zum Vereinfachten Nachweisverfahren (VN-Verfahren)

Betrachtet wird als erstes die Auswertung der Ergebnisse nach dem Vereinfachten Nachweisverfahren, dargestellt im Kapitel 4.3. Die „schlechteste“ Ausführung des Gebäudes (siehe Tabelle 4-1) wurde als Maßstab festgelegt. Ihr flächenbezogener Jahresheizwärmebedarf von $Q''_h = 68,32 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ wurde als 100 % Vergleichswert angenommen und alle anderen Varianten wurden prozentual mit diesem Wert verglichen. An dem Ausdruck „schlechteste“ sollte man sich in diesem Zusammenhang nicht stören. Diese Ausführung kann mit einer Standard Heizungsanlage, die einen Anlagen-Aufwandswert $e_P = 1,38$ liefert (siehe Kapitel 2.2.1 Seite 18), unter dem maximal für dieses Haus geforderte Wert von $Q''_{P,\max} = 117,78 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{K})$ bleiben. Der Begriff bezieht sich hier nur auf den Vergleich der Varianten untereinander.

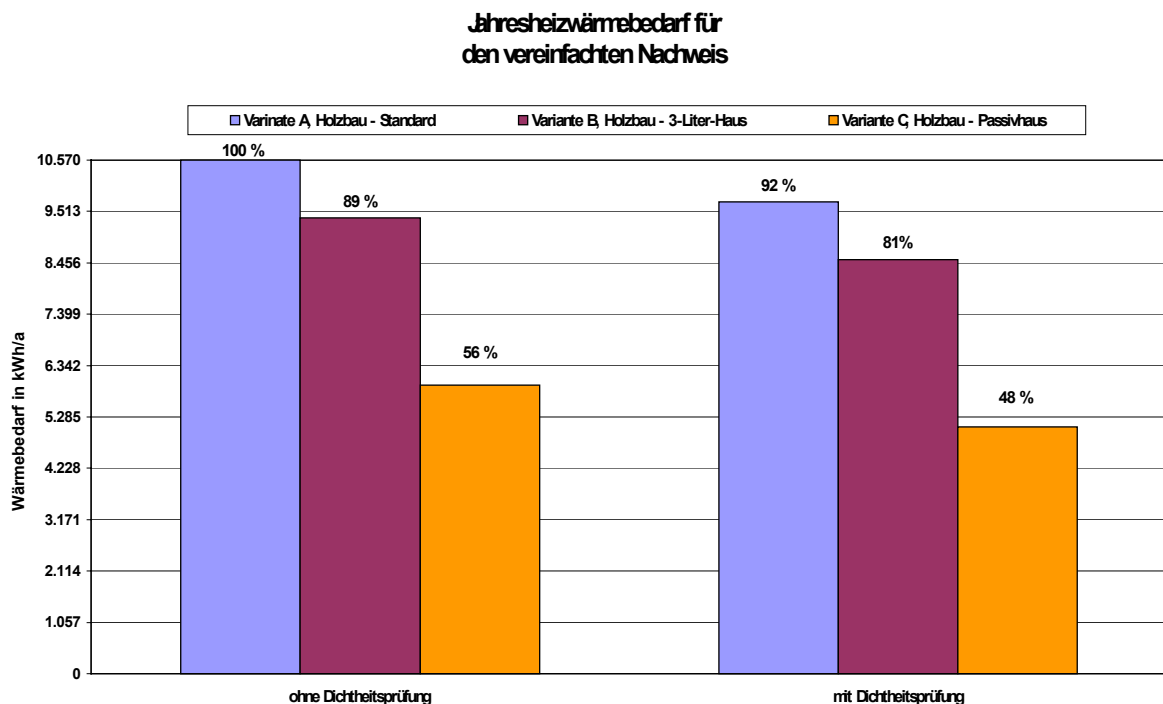


Diagramm 4-1 Verhältnis des Vereinfachten Nachweiseverfahren der Varianten und Dichtheitszustände

Nimmt man nun den ersten Teil des Diagramms, lässt sich erkennen, dass allein durch die Verbesserung des Dämmstandards eine Reduzierung des Jahresheizwärmebedarfs von bis zu 44 % erreichen werden kann. Da sich durch das Bestehen der Luftdichtheitsprüfung nur eine weitere Verbesserung von 8 % einstellt, bleibt abzuwarten, wie sich gerade kleinere Betriebe hinsichtlich der Luftdichtheitsprüfung mittels Blower-Door-Test verhalten werden. Dennoch sollte man nicht außer acht lassen, dass die meisten Fertigteilhäuser heutzutage die in der EnEV Anhang 4 Kapitel 2 geforderten Werte für den Nachweis der Luftdichtheit des gesamten Gebäudes erfüllen.

Bei dem Vereinfachten Nachweisverfahren ist eindeutig zu erkennen, dass sich über eine Verbesserung des

U-Wertes der opaken Bauteile (Außenwände,...) der Jahreheizwärmebedarf sehr stark beeinflussen lässt. Vorausgesetzt der U-Wert und der Gesamtenergiedurchlassgrad für die Fenster wurde nach [4] Tab. 5 festgelegt, was in diesem Fall zutrifft. Sollte man von anderen Werten ausgehen, handelt es sich um ein Berechnungsverfahren und dann kann es im Vergleich zu anderen Ergebnissen kommen (siehe Kapitel 5 Seite 53).



4.3.2. Auswertung des Nachweises nach dem Monatsbilanzverfahren (MB-Verfahren)

Als zweites Nachweisverfahren steht das Monatsbilanzverfahren nach [5] zur Verfügung. Für dieses Verfahren werden im Nachweisverfahren dieselben Werte wie im vereinfachten Nachweis angenommen, mit dem Unterschied, dass der Transmissionswärmeverlust, die solaren Gewinne, die internen Gewinne und der Jahresheizwärmebedarf über die einzelnen Werte der Monate ermittelt werden.

Des weiteren können im MB-Verfahren die unterschiedlichen Berücksichtigungen der Wärmebrückenverlustkoeffizienten, die Bauschwere (schwer/leicht) und zusätzliche Ansatzmöglichkeiten(RLT, WRG, Nachtabenkung,...) einfließen. Die Anwendung dieses Verfahren ist sinnvoll, wenn das Anforderungsniveau des vereinfachten Nachweises nur knapp erfüllt wird.

In dem Diagramm 4-2 wird die **Variante A** (Holzbau - Standard) verglichen unter Berücksichtigung der einzelnen Wärmebrückenzuschläge. Als Bezugseinheit wurde der Jahresheizwärmebedarf der **Variante A 1**

(Holzbau – Standard) siehe Kapitel 4.3.1 festgelegt.

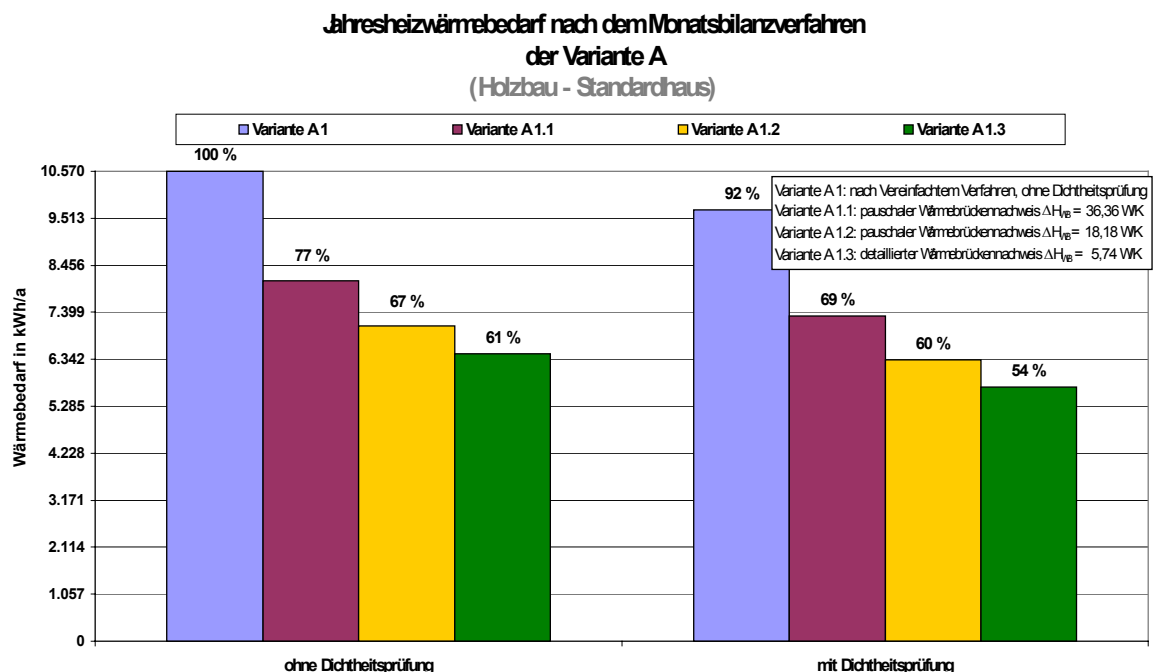


Diagramm 4-2 Jahresheizwärmebedarf der Variante A (Holzbau – Standardhaus) im Vergleich

Geht man davon aus, dass die Dichtheitsprüfung erfüllt wurde, kann auch hier eine 8 %ige Verbesserung des Jahresheizwärmebedarfs erreicht werden. Diese Verbesserung ergibt sich bei beiden Verfahren (vereinfachtes und MB – Verfahren) gleich, durch den gleichen Ansatz des Lüftungswärmeverlustes. Im ersten Moment fällt ins Auge, dass sich auch bei der **Variante A 1.1** eine Verbesserung von 31 % ergibt, obwohl die mit einem schlechteren Wärmebrückenverlustkoeffizienten gerechnet wurde (VN-Verfahren $\Delta U_{\text{WB}} = 0,05 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$; MB-Verfahren $\Delta U_{\text{WB}} = 0,10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$). Dies ist mit der genaueren Berechnung der solaren und internen Gewinne zu erklären (siehe Diagramm 4-3).

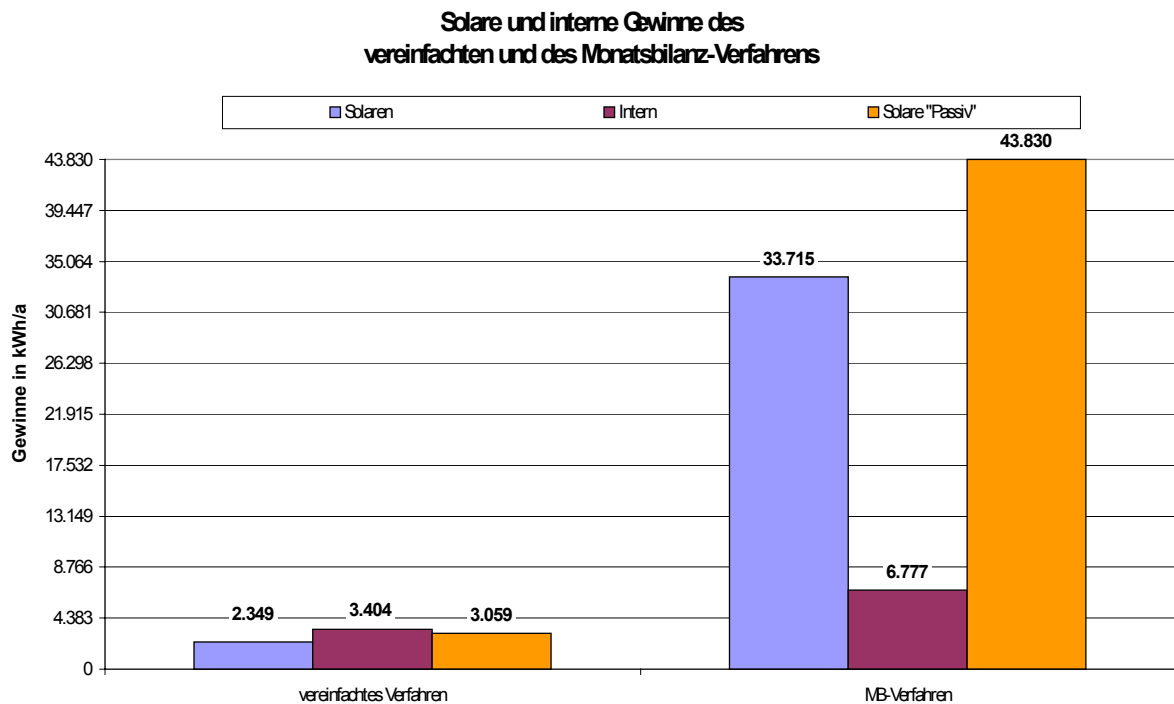


Diagramm 4-3 Vergleich solarer und interner Gewinne der beiden Nachweisverfahren

Besser ist es in diesem Fall der Vergleich mit der **Variante A 1.2**, hier kommen die gleichen Korrektur- und Zuschlagswerte zum Tragen. Dadurch wird die tatsächliche Verbesserung zwischen dem MB-Verfahren und dem VN-Verfahren sichtbar. Für das betrachtete Gebäude ergibt das Einsparungen von 40 % im Verhältnis zu der **Variante A 1**.

Für die Variante A 1.3 ergibt sich eine Einsparung von 46 %, was im ersten Augenblick nach einer erheblichen Verbesserung aussieht. Nimmt man aber die **Variante A 1.2** (pauschaler Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB} = 0,05$) und vergleicht sie mit der **Variante A 1.3** (detaillierter Wärmebrückennachweis) kommt man zu dem Ergebnis, dass es hier nur eine 6 %ige Verbesserung gibt.

In den Diagramm 4-4 und Diagramm 4-5 ist dann der Vergleich der **Variante B** (Holzbau - 3-Liter-Haus) und **Variante C** (Holzbau - Passivhaus) dargestellt.



Jahresheizwärmebedarf nach dem Monatsbilanzverfahren der Variante B (Holzbau - 3-Liter-Haus)

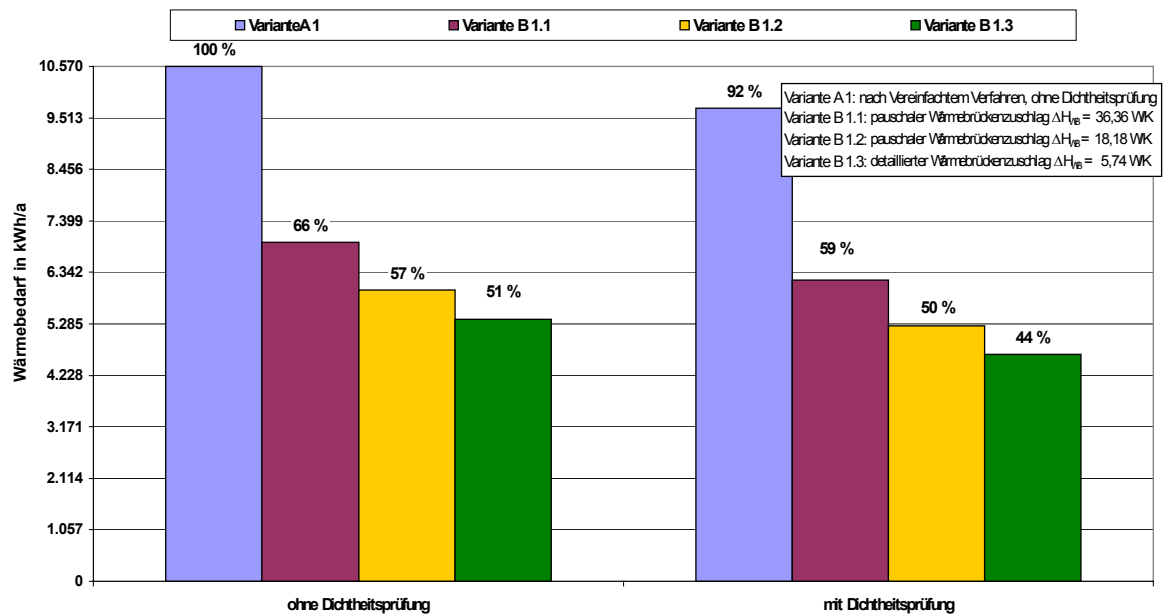


Diagramm 4-4 Jahresheizwärmebedarf der Variante B (Holzbau – 3-Liter-Haus) im Vergleich

In dem oberen Diagramm wird, wie in den vorhergehenden Diagrammen, der Jahresheizwärmebedarf für das Holzbau – Standardhaus (**Variante A**) aus dem vereinfachten Nachweisverfahren als Vergleichswert herangezogen.

Aufgrund dieses Vergleiches kann für das Holzbau - 3-Liter-Haus (**Variante B**) eine Einsparung im Jahresheizwärmebedarf vom max. 56 % erzielt werden. Betrachtet man dann das nachstehend aufgeführte Diagramm 4-5, lässt sich erkennen, dass mit dem Holzbau – Passivhaus (**Variante C**) eine Verringerung des Jahresheizwärmebedarfs um 83 % erreicht werden kann.



Jahresheizwärmebedarf nach dem Monatsbilanzverfahren der Variante C (Holzbau - Passivhaus)

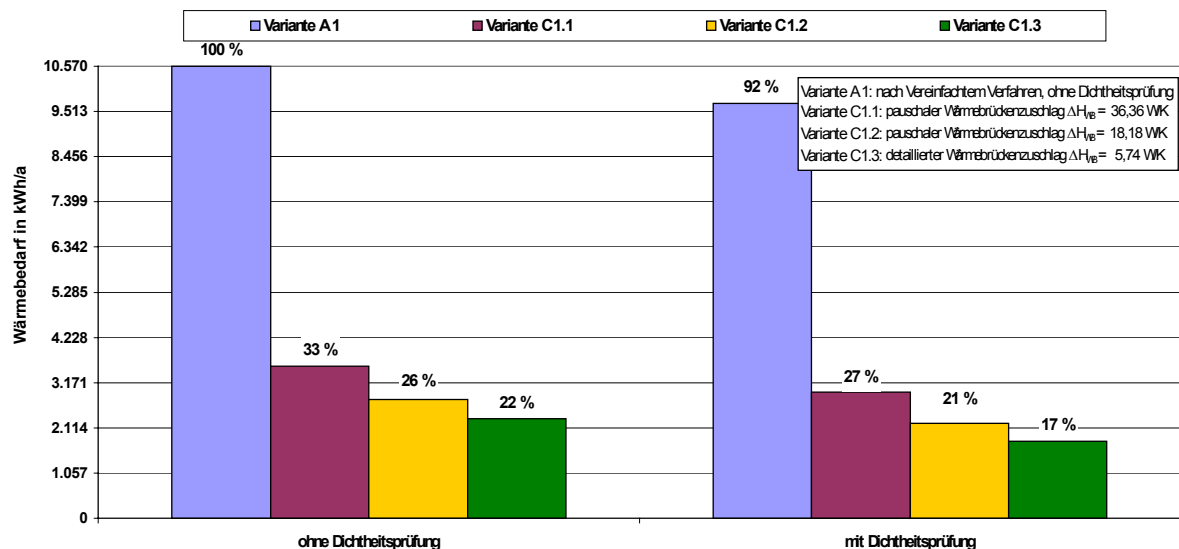


Diagramm 4-5 Jahresheizwärmebedarf der Variante C im prozentualen Vergleich

Anhand der obigen Diagramme ist zu erkennen, dass schon mit dem Vergleichswert von $Q''_{\text{h}} = 68,32 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ der Variante A (Holzbau – Standard) die Anforderung der EnEV an den Primärenergiebedarf erfüllt werden kann. Die Größe des Ausnutzungsgrad des Gebäudes in Bezug auf den Primärenergiebedarf ist dabei sehr stark von der Auslegung der Heizungsanlage und damit von ihrer Anlagenaufwandszahl abhängig. Wird für die Berechnung des Primärenergiebedarfs eine Standardanlage (NT-Kessel, begrenzte Rohrleitungen in der Außenwand, übliche Thermostatventile) mit einer Anlagenaufwandszahl $e_{\text{P}} = 1,38$ angesetzt, wird ein $Q''_{\text{P,vorh.}} = 111,53 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ erreicht. Hierbei wird der Jahresnutzwärmebedarf mit der Anlagenaufwandszahl multipliziert (siehe Kapitel 4.1.1 Seite 36). Setzt man den $Q''_{\text{P,vorh.}}$ ins Verhältnis mit $Q''_{\text{max,P}} = 117,78 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ergibt sich einen Unterschreitung von 15 %.

In der Tabelle 4-2, auf der nächsten Seite, wird die Berechnung einer Anlage für die Variante A nach [9] vorgenommen. Die Tabelle ist mit einer Tabellenkalkulation erstellt worden und so aufgebaut, dass in die Zellen die Werte nach [9] oder nach den Herstellerangaben eingetragen werden können.

Aufgrund der gewählten Anlage und der Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach [2] ergibt sich ein Anlagenaufwand von $e_{\text{P}} = 1,46$. Dieser ist höher als die Berechnung nach Kapitel 3, Seite 24, da in der Aufwandszahl der Wärmebedarf für die Trinkwasserbereitung schon enthalten ist, d.h. die Berechnung des Primärenergiebedarfs ergibt sich in abgewandelter Form.

$$Q'_{\text{P,vorh}} = Q'_{\text{h}} \cdot e_{\text{P}}$$



Anlagentechnik

Niedertemperaturkessel 55°/45° C, Aufstellung und Verteilung in thermischer Hülle, indirekte Speicherung, mit Zirkulation

Gebäudetechnik

Variante A

Beschreibung		Größe	Trinkwarm- wasser	Lüftung	Heizung
Berechnungen nach DIN 4108-1	Gebäudemasse nach EN 12975	Wandfläche	m ²	141,47	
		Fensterfläche	m ²	44,44	
		Türfläche	m ²	0,00	
		Dachfläche	m ²	92,40	
		Bodenfläche	m ²	85,38	
		Σ Gebäudehüllfläche	m ²	363,69	
		Gesamtvolumen	m ³	483,53	
		A/V- Verhältniss	m ¹	0,75	
		Nutzfläche	m ²	154,73	
		Heizwärmebedarf	kW/m ² a	-	68,3
Berechnungen nach DIN 4701-10	Wärmeenergie	Wärmegutschriften für Heizung	kW/m ² a	6,1	0
		Wärmebedarf	kW/m ² a	12,5	62,2
		Heizarbeit = Lüftungsbetrag der Heizung	kW/m ² a	-	0
		Übergabe	kW/m ² a	0	1,1
		Verteilung	kW/m ² a	9,8	1,8
		Speicherung	kW/m ² a	3,9	1,1
		Erzeuger - Heizarbeit (Lüftung)	kW/m ² a	-	0
		Erzeuger - Deckungsanteil	-	1,00	1
		Erzeuger - Aufwandszahl	-	1,19	1,14
		Endenergie	kW/m ² a	31,2	74,2
		Primärenergiefaktor	-	1,1	1,1
		Primärenergie	kW/m ² a	34,3	81,7
	Hilfsenergie	Übergabe	kW/m ² a	0	0
		Verteilung	kW/m ² a	0,82	1,35
		Speicherung	kW/m ² a	0,08	0,75
		Erzeuger - Heizarbeit (Lüftung)	kW/m ² a	0	0
		Erzeuger - Deckungsanteil	-	1	1
		Erzeuger - Aufwandszahl	-	1,19	-
		Erzeuger - Hilfsenergie	kW/m ² a	-	0,66
		Endenergie	kW/m ² a	2,09	2,8
		Primärenergiefaktor	-	3	3
		Primärenergie	kW/m ² a	6,3	8,3
		Summe Endenergie	kW/m ² a	33,3	77,0
		Summe Primärenergie	kW/m ² a	40,6	89,9
		Gesamtsumme Endenergie	kW/m ² a	110,3	
		Gesamtsumme Primärenergie	kW/m ² a	130,5	
		erforderlicher Heizölbedarf (gem. 3-Liter-Haus)	l/m ² a	8,2	
		Anlagen-Aufwandszahl e _p	-	1,46	
		vorh. Jahres-Primärenergiebedarf	kW/m ² a	99,56	
		zul. Jahres - Primärenergiebedarf gem. EnEV	kW/m ² a	117,78	

Tabelle 4-2 Anlagentechnische Voraussetzungen für die Variante A (Holzbau – Standard) unter Berücksichtigung der DIN V 4108-6 und der DIN V 4701-10



Anlagentechnik

Niedertemperaturkessel 55°/45° C, Aufstellung und Verteilung in thermischer Hülle mit Zirkulation; WRG= 80% mit Zirkulation

Gebäudetechnik

Variante B

Beschreibung			Größe	Trinkwarm- wasser	Lüftung	Heizung
Berechnungen nach DIN 4108	Gebäudefläche nach DIN 4108	Wandfläche	m ²	141,47		
		Fensterfläche	m ²	44,44		
		Türfläche	m ²	0,00		
		Dachfläche	m ²	92,40		
		Bodenfläche	m ²	85,38		
		SGebäudehüllfläche	m ²	363,69		
		Gesamtvolumen	m ³	483,53		
		A/V- Verhältniss	m ⁻¹	0,75		
		Nutzfläche	m ²	154,73		
		Heizwärmebedarf	kW/m ² a	-	-	33,9
Berechnungen nach DIN 4701-10	Wärmegutschriften für Heizung		kW/m ² a	6,1	17,2	-
	Wärmebedarf		kW/m ² a	12,5	-	10,6
	Heizarbeit = Lüftungsbetrag der Heizung		kW/m ² a	-	17,2	-
	Wärmeenergie	Übergabe	kW/m ² a	0	0	1,1
		Verteilung	kW/m ² a	9,8	0	1,8
		Speicherung	kW/m ² a	3,9	-	1,1
		Erzeuger - Heizarbeit (Lüftung)	kW/m ² a	-	17,2	-
		Erzeuger - Deckungsanteil	-	1,00	-	1
		Erzeuger - Aufwandszahl	-	1,19	0	1,14
		Endenergie	kW/m ² a	31,2	0	15,4
		Primärenergiefaktor	-	1,1	0	1,1
		Primärenergie	kW/m ² a	34,3	0	16,9
	Hilfsenergie	Übergabe	kW/m ² a	0	0	0
		Verteilung	kW/m ² a	0,82	0	1,35
		Speicherung	kW/m ² a	0,08	-	0,75
		Erzeuger - Heizarbeit (Lüftung)	kW/m ² a	0	2,1	-
		Erzeuger - Deckungsanteil	-	1	-	1
		Erzeuger - Aufwandszahl	-	0	-	-
		Erzeuger - Hilfsenergie	kW/m ² a	-	-	0,66
		Endenergie	kW/m ² a	0,9	2,1	2,8
		Primärenergiefaktor	-	3	3	3
		Primärenergie	kW/m ² a	2,7	6,3	8,3
	Summe Endenergie		kW/m ² a	32,1	2,1	18,1
	Summe Primärenergie		kW/m ² a	37,0	6,3	25,2
	Gesamtsumme Endenergie		kW/m ² a	52,3		
	Gesamtsumme Primärenergie		kW/m ² a	68,5		
	erforderlicher Heizölbedarf (gem 3-Liter-Haus)		l/m ² a	2,9		
	Anlagen-Aufwandzahl e _P		-	2,54		
	vorh. Jahres-Primärenergiebedarf		kW/m ² a	86,04		
	zul. Jahres- Primärenergiebedarf gem EnEV		kW/m ² a	117,78		

Tabelle 4-3 Anlagentechnische Voraussetzungen für die Variante B (Holzbau – 3-Liter-Haus)



Anlagentechnik

Niedertemperaturkessel 55°/45° C Aufstellung und Verteilung in thermischer Hülle; WRG= 87%
mit Zirkulation, WW Versorgung über Flachkollektor und Wärmepumpe, indirekte Speicherung

Gebäudetechnik

Variante C

Beschreibung			Größe	Trinkwarm- wasser	Lüftung	Heizung
Berechnungen nach DIN 4108	Gebäudemasse nach DIN 4108	Wandfläche	m ²	141,47		
		Fensterfläche	m ²	44,44		
		Türfläche	m ²	0,00		
		Dachfläche	m ²	92,40		
		Bodenfläche	m ²	85,38		
		S Gebäudehüllfläche	m ²	363,69		
		Gesamtvolumen	m ³	483,53		
		AV- Verhältniss	m ⁻¹	0,75		
		Nutzfläche	m ²	154,73		
		Heizwärmebedarf	kW/m ² a	-	-	14,4
Berechnungen nach DIN 4701-10	Wärmegutschriften für Heizung		kW/m ² a	6,1	18,5	-
	Wärmebedarf		kW/m ² a	12,5	-	14,4
	Heizarbeit = Lüftungsbetrag der Heizung		kW/m ² a	-	18,5	-
	Wärmeenergie	Übergabe	kW/m ² a	0	0	1,1
		Verteilung	kW/m ² a	9,8	0	0,6
		Speicherung	kW/m ² a	3,9	-	0,1
		Erzeuger - Heizarbeit (Lüftung)	kW/m ² a	-	17,2	-
		Erzeuger - Deckungsanteil	-	0,95/0,05	-	0,95/0,05
		Erzeuger - Aufwandszahl	-	0,30/1,0	0	0,30/1,0
		Endenergie	kW/m ² a	8,8	0	5,4
		Primärenergiefaktor	-	3	0	1,1
		Primärenergie	kW/m ² a	26,3	0	5,9
		Übergabe	kW/m ² a	0	0	0
	Hilfsenergie	Verteilung	kW/m ² a	0,82	0	2,4
		Speicherung	kW/m ² a	0,08	-	0,75
		Erzeuger - Heizarbeit (Lüftung)	kW/m ² a	0	2,6	-
		Erzeuger - Deckungsanteil	-	0,95/0,05	-	0,95/0,05
		Erzeuger - Aufwandszahl	-	0/0	-	-
		Erzeuger - Hilfsenergie	kW/m ² a	-	-	0/0
		Endenergie	kW/m ² a	0,9	2,6	3,2
		Primärenergiefaktor	-	3	3	3
		Primärenergie	kW/m ² a	2,7	7,8	9,6
		Summe Endenergie	kW/m ² a	9,7	2,6	8,6
		Summe Primärenergie	kW/m ² a	29,0	7,8	15,5
	Gesamtsumme Endenergie		kW/m ² a	20,9		
	Gesamtsumme Primärenergie		kW/m ² a	52,4		
	erforderlicher Heizölbedarf (gem 3-Liter-Haus)		l/m ² a	2,1		
	Anlagen-Aufwandzahl e _P		-	4,38		
	vorh. Jahres-Primärenergiebedarf		kW/m ² a	63,03		
	zul. Jahres - Primärenergiebedarf gem EnEV		kW/m ² a	117,78		

Tabelle 4-4 Anlagentechnische Voraussetzung für die Variante C (Holzbau – Passivhaus)



Für die **Variante B** und die **Variante C** zeigen die Tabelle 4-3 und die Tabelle 4-4, dass schon mit dem pauschalen Ansatz des Wärmebrückenzuschlages von 18,18 W/K und einer entsprechenden Heizungsanlage die geforderten Werte für den Jahresheizwärmebedarf ($Q''_h \leq 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ [3-Liter-Haus] und $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ [Passivhaus]) erreicht werden.

Dass dies nicht der Realität entspricht, wird sich in den folgenden Kapiteln zeigen.



5. Berechnung und Auswertung des Jahresheizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6

In diesem Kapitel wird das betrachtete Gebäude noch einmal nach dem Monatsbilanzverfahren berechnet. Im Gegensatz zu dem vorherigen Kapitel werden jetzt für den Gesamtenergiedurchlassgrad nicht mehr die DIN –Werte angenommen, sondern die Angaben des Herstellers. Für das Außenklima werden die Strahlungsintensitäten und die Außentemperaturen von ausgewählten Klimazonen untersucht und für den Temperatur-Korrekturfaktor wird der Wert nach [5] Tab. 3 ermittelt.

Da sich in den Berechnung nach Kapitel 4.3 gezeigt hat, dass das 3-Liter-Haus (**Variante B**) mit seinem Jahresheizwärmebedarf mittig zwischen dem Standardhaus (**Variante A**) und dem Passivhaus (**Variante C**) liegt, wird es in der weiteren Betrachtung nicht mehr berücksichtigt.

Ab diesem Kapitel wird zum Vergleich zwischen Holzbau und Massivbau die **Variante D** (Massivbau – Standard) in die Berechnung aufgenommen, um die Vor- und Nachteile zwischen diesen beiden Bauweisen darzustellen.

Für den Massivbau werden alle Werte des Holzbau – Standard übernommen, außer für den Wandaufbau, der einen U-Wert = 0,20 W/(m²K), statt U = 0,19 W/(m²K) Holzbau – Standard, aufweist.

Im weiteren Verlauf dieser Diplomarbeit werden die Varianten Holzbau – Standard (**Variante A**), Holzbau – Passivhaus (**Variante C**) und Massivbau – Standard (**Variante D**) miteinander verglichen.

5.1. Randbedingungen für die Berechnung nach dem MB-Verfahren

- Referenzklima: **Zone D** (Deutschland)
- Ausgewählte Klimazonen: **Zone 2** (Hamburg)
Zone 7 (Essen)
Zone 10 (Hof)
Zone 13 (Freiburg)
- Gebäudeinnentemperatur: **$\theta_i = 19^\circ \text{C}$**
- Temperatur-Korrekturfaktor (nach [5] Tab. 3): **$F_{AW} = 1$**
 $F_D = 1$
 $F_W = 1$
 $F_G = 0,5$
- Mittlere interne Wärmegewinne: **$q_i = 5 \text{ [W/m}^2\text{]}$**
- Luftwechselrate: (nach [5] Tab. D.3) **$n = 0,6 \text{ h}^{-1}$**
 $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$
- Verschattungsfaktor: **$F_s = 0,9$**
- Abminderungsfaktor für ständigen Sonnenschutz: **$F_c = 1,0$**
(keine Verschattung)
- Abminderungsfaktor infolge nicht senkrechter Sonneneinstrahlung: **$F_w = 0,9$**
- Abminderungsfaktor für den Rahmen: **$F_F = 0,7$**
- Ermittlung des beheizten Gebäudevolumens: **$V = 0,76 \cdot V_e$**



- Wärmebrückeneinfluss (WB):
 $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$
(keine Berücksichtigung nach [7])
 $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$
(unter Berücksichtigung nach [7])
 $\Delta H_{WB} = 5,74 \text{ [W/K]}$ (siehe Kapitel 3.3)
- Wirksame
Wärmespeicherfähigkeit:
 - 1. Holzbau
 $C_{\text{wirk},\eta} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)} \cdot V_e$
(ohne Nachtabenkung)
 $C_{\text{wirk},NA} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)} \cdot V_e$
(mit Nachtabenkung)
 - 2. Massivbau
 $C_{\text{wirk},\eta} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)} \cdot V_e$
(ohne Nachtabenkung)
 $C_{\text{wirk},NA} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)} \cdot V_e$
(mit Nachtabenkung)



5.2. Auswertung der Berechnungsergebnisse

In der Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2 sind die Ergebnisse der Berechnung nach dem Monatsbilanzverfahren für den Holzbau – Standard und den Massivbau – Standard aufgeführt. Für die Berechnung werden die oben angegebenen Randbedingung angesetzt. Für diese beiden Gebäude wird von einer Luftwechselrate von $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$ ausgegangen. Diese Annahme ist für die betrachteten Gebäudetypen ausreichend, da man bei der heutigen Bauweise davon ausgehen kann, dass die Gebäude den Ansprüchen an die Gebäudedichtheit genügen. Aus diesem Grund scheidet die Luftwechselrate $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$ aus der weiteren Betrachtung aus.

	Holzbau - Standard Variante A1.1 bis 1.3					Holzbau - Standard Variante A2.1 bis 2.3				
	Klimazone D	Klimazone 2	Klimazone 7	Klimazone 10	Klimazone 13	Klimazone D	Klimazone 2	Klimazone 7	Klimazone 10	Klimazone 13
Verluste :										
Transmission	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK
VB-Zuschlag= 36,37 WK	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13
VB-Zuschlag= 18,18 WK	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17
VB-Zuschlag= 5,74 WK	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95
Lüftung	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK
MB-Verfahren	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97
Gewinne :										
solare	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa
MB-Verfahren	33.715	29.880	28.432	31.947	33.326	33.715	29.880	28.432	31.947	33.326
interne	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa
MB-Verfahren	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777
Jahres-Heizwärmebedarf :										
Q_h	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa
VB-Zuschlag= 36,37 WK	7.067	7.088	6.022	7.969	4.712	7.392	7.428	6.349	8.430	5.043
VB-Zuschlag= 18,18 WK	6.088	6.115	5.160	6.809	3.967	6.400	6.436	5.468	7.242	4.279
VB-Zuschlag= 5,74 WK	5.479	5.510	4.627	6.094	3.509	5.781	5.819	4.922	6.507	3.809
Q_h	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa
VB-Zuschlag= 36,37 WK	45,67	45,81	38,92	51,50	30,45	47,77	48,01	41,03	54,48	32,59
VB-Zuschlag= 18,18 WK	39,35	39,52	33,35	44,01	25,64	41,36	41,60	35,34	46,80	27,66
VB-Zuschlag= 5,74 WK	35,41	35,61	29,90	39,38	22,68	37,36	37,61	31,81	42,05	24,62

Variante A1.1 ohne Nachtabstimmung, pauschaler VB-Zuschlag 36,37 WK
Variante A1.2 ohne Nachtabstimmung, pauschaler VB-Zuschlag 18,18 WK
Variante A1.3 ohne Nachtabstimmung, detaillierter VB-Zuschlag 5,74 WK

Variante A2.1 mit Nachtabstimmung, pauschaler VB-Zuschlag 36,37 WK
Variante A2.2 mit Nachtabstimmung, pauschaler VB-Zuschlag 18,18 WK
Variante A2.3 mit Nachtabstimmung, detaillierter VB-Zuschlag 5,74 WK

Tabelle 5-1 Berechnungsergebnisse für den Holzbau – Standard mit Darstellung der Varianten



	Massivbau - Standard Variante D 1.1 bis 1.3					Massiv - Standard Variante D 2.1 bis 2.3				
	Klimazone D	Klimazone 2	Klimazone 7	Klimazone 10	Klimazone 13	Klimazone D	Klimazone 2	Klimazone 7	Klimazone 10	Klimazone 13
Verluste :										
Transmission	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK
VB-Zuschlag= 36,37 WK	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13	161,13
VB-Zuschlag= 18,18 WK	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17	145,17
VB-Zuschlag= 5,74 WK	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95
Lüftung	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK
MB-Verfahren	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97
Gewinne :										
solare	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa
MB-Verfahren	33.715	29.880	28.432	31.947	33.326	33.715	29.880	28.432	31.947	33.326
interne	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa
MB-Verfahren	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777
Jahres-Heizwärmebedarf :										
Q_h	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa
VB-Zuschlag= 36,37 WK	6.143	6.097	5.043	6.569	3.642	7.083	7.092	6.005	7.929	4.657
VB-Zuschlag= 18,18 WK	5.219	5.208	4.265	5.549	2.981	6.108	6.125	5.150	6.781	3.918
VB-Zuschlag= 5,74 WK	4.646	4.659	3.786	4.923	2.578	5.501	5.525	4.621	6.072	3.466
Q_h[*]	k/Wm ² a	k/Wm ² a	k/Wm ² a	k/Wm ² a	k/Wm ² a	k/Wm ² a	k/Wm ² a	k/Wm ² a	k/Wm ² a	k/Wm ² a
VB-Zuschlag= 36,37 WK	39,70	39,41	32,59	42,45	23,54	45,78	45,83	38,81	51,25	30,10
VB-Zuschlag= 18,18 WK	33,73	33,66	27,56	35,86	19,26	39,48	39,58	33,28	43,82	25,32
VB-Zuschlag= 5,74 WK	30,02	30,11	24,47	31,82	16,66	35,55	35,70	29,87	39,24	22,40

Variante D 1.1 ohne Nachtabstimmung, pauschaler VB-Zuschlag 36,37 WK
Variante D 1.2 ohne Nachtabstimmung, pauschaler VB-Zuschlag 18,18 WK
Variante D 1.3 ohne Nachtabstimmung, detaillierter VB-Zuschlag 5,74 WK

Variante D 2.1 mit Nachtabstimmung, pauschaler VB-Zuschlag 36,37 WK
Variante D 2.2 mit Nachtabstimmung, pauschaler VB-Zuschlag 18,18 WK
Variante D 2.3 mit Nachtabstimmung, detaillierter VB-Zuschlag 5,74 WK

Tabelle 5-2 Berechnungsergebnisse für den Massiv – Standard, mit Variantenbildung



Da Passivhäuser zum Erreichen des geforderten Jahresheizwärmebedarfs in den meisten Fällen über eine Heizanlage mit Wärmerückgewinnung verfügen, kann diese in der Berechnung nach [9] über Wärmegutschrift der Lüftung an dem Heizwärmebedarf berücksichtigt werden, wie in Kapitel 4.3.2 Seite 45 geschehen, oder sie kann nach [5] Tab. D.3 über die Luftwechselrate mit berücksichtigt werden. Letztere der beiden Möglichkeit ist bei der Berechnung des Passivhauses angewendet worden. Dadurch wird für die Luftwechselrate ein Wert von $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$ angerechnet. Dieser Wert ergibt sich aus folgender Berechnung:

$$n = n_A(1 - n_V) + n_X$$

- n ...Luftwechselrate
 n_A ...mittlerer Luftwechsel der Anlage
 n_V ...Nutzfaktor des Wärmerückgewinnungssystems
 n_X ...Restluftwechsel über Fugen

$$n = 0,4(1 - 0,87) + 0,2 = 0,3 \text{ h}^{-1}$$

Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in der Tabelle 5-3 aufgeführt.

	Holzbau - Passivhaus Variante C1.1 bis 1.3					Holzbau - Passivhaus Variante C2.1 bis 2.3				
	Klimazone D	Klimazone 2	Klimazone 7	Klimazone 10	Klimazone 13	Klimazone D	Klimazone 2	Klimazone 7	Klimazone 10	Klimazone 13
Verluste :										
Transmission	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK
VB-Zuschlag= 36,37 WK	103,56	103,56	103,56	103,56	103,56	103,56	103,56	103,56	103,56	103,56
VB-Zuschlag= 18,18 WK	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6	87,6
VB-Zuschlag= 5,74 WK	77,38	77,38	77,38	77,38	77,38	77,38	77,38	77,38	77,38	77,38
Lüftung	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK	WK
VB-Verfahren	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48
Gewinne :										
solare	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa
VB-Verfahren	37,087	32,868	31,275	35,142	36,659	37,087	32,868	31,275	35,142	36,659
interne	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa
VB-Verfahren	6,777	6,777	6,777	6,777	6,777	6,777	6,777	6,777	6,777	6,777
Jahres-Heizwärmebedarf :										
Q_h	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa	k/Wa
VB-Zuschlag= 36,37 WK	1,677	1,798	1,404	1,783	847	1,891	1,993	1,568	2,028	1,021
VB-Zuschlag= 18,18 WK	1,081	1,207	912	1,144	492	1,259	1,367	1,058	1,341	626
VB-Zuschlag= 5,74 WK	758	881	645	802	315	910	1,017	769	966	422
Q_h'	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa	k/Wmfa
VB-Zuschlag= 36,37 WK	10,84	11,62	9,08	11,52	5,47	12,22	12,88	10,25	13,11	6,60
VB-Zuschlag= 18,18 WK	6,99	7,80	5,89	7,39	3,18	8,14	8,84	6,84	8,67	4,04
VB-Zuschlag= 5,74 WK	4,9	5,69	4,17	5,18	2,04	5,88	6,57	4,97	6,24	2,73

- Variante C1.1** ohne Nachtabschaltung, pauschaler VB-Zuschlag 36,37 WK
Variante C1.2 ohne Nachtabschaltung, pauschaler VB-Zuschlag 18,18 WK
Variante C1.3 ohne Nachtabschaltung, detaillierter VB-Zuschlag 5,74 WK

Variante C2.1 mit Nachtabschaltung, pauschaler VB-Zuschlag 36,37 WK
Variante C2.2 mit Nachtabschaltung, pauschaler VB-Zuschlag 18,18 WK
Variante C2.3 mit Nachtabschaltung, detaillierter VB-Zuschlag 5,74 WK

Tabelle 5-3 Berechnungsergebnisse für den Holzbau – Passivhaus, mit Variantenbildung

Die Berechnungen zu den Ergebnissen der vorherigen Tabellen sind dem **Anhangen VIII bis X** zu entnehmen.



5.3. Gegenüberstellung der Klimazonen

Wie schon in Kapitel 4 Seite 35 möchte ich auch hier einen prozentualen Vergleich der einzelnen Haustypen durchführen. Als Vergleichswert wird der Jahresheizwärmebedarf des Holzbau – Standard mit dem Referenzklima Deutschland gewählt. Dieser Vergleich kann gewählt werden, um die Klimazonen untereinander zu vergleichen; d.h. es kann sich herausstellen, dass in besonders kalten Klimazonen ein höherer Jahresheizwärmebedarf vorliegt, als in einer besonders warmen Klimazone. Dieser Vergleich könnte auch über die Heizgradtage der Klimazonen überschlägig vorgenommen werden, aber bei der heutigen Software und Rechnerleistung brauchen die Werte zur Berechnung nur noch in eine entsprechende Tabelle eingegeben werden, und das Ergebnis liegt in sehr kurzer Zeit vor.

In den beiden folgenden Diagramm 5-1 und Diagramm 5-2 ist dieser Vergleich für die ausgewählten Klimazonen dargestellt. Bei der Klimazone 2 ist der Referenzort Hamburg, diese Zone wird aufgrund ihrer Küstennähe gewählt. Die Zone 7 (Referenzort Essen) wird als gemäßigttes Klima im mittleren Westen Deutschlands in die Berechnung aufgenommen.

Bei den Klimazonen 10 (Referenzort Hof) und 13 (Referenzort Freiburg) handelt es sich bei dem ersten um den kältesten Ort und bei dem zweiten um den wärmsten Ort in Deutschland, sie liefern daher extreme Werte.

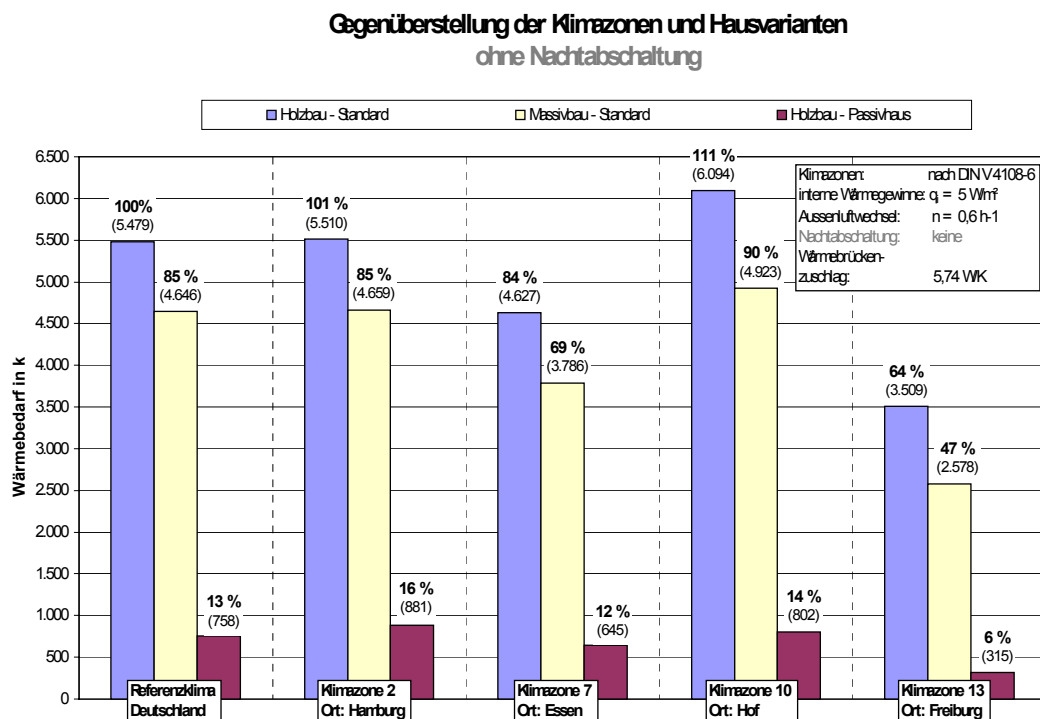


Diagramm 5-1 Vergleich der Klimazonen und Bauweisen an einem Vergleichswert (Holzbau – Standard)

Bei dem ersten Diagramm wird, wie beschrieben, ein Vergleich zum Referenzklima Deutschland ohne Berücksichtigung einer Nachtabstaltung (Nachtabstaltung) vorgenommen. Es lässt sich sehr gut erkennen, dass sich eine Betrachtung der Klimazone 2 als nicht sinnvoll erweist, da sie mit Ihrem Jahresheizwärmebedarf nur unwesentlich über dem des Referenzklimas Deutschland liegt. Nimmt man allerdings die extremen Klimazonen 10 und 13 lässt sich erkennen, dass sich für die Klimazone 10 eine Mehrbedarf von 11% bei dem Holzbau – Standard und bei der Klimazone 13 eine 36% geringerer Bedarf zu erwarten ist. Dies lässt sich sehr leicht mit den stark unterschiedlichen mittleren Außenlufttemperaturen und Strahlungsintensitäten der einzelnen Klimazonen erklären.



Des weiteren kann an dem Diagramm erkannt werden, dass sich mit einer Erhöhung des Dämmstandards (Holzbau – Passivhaus) zwar eine Verringerung des Jahresheizwärmebedarfes, gemessen an dem Referenzklima Deutschland, von bis zu 94% erreicht werden kann, aber ein Vergleich unter den Klimazonen selber keine großen Unterschiede liefert.

Dies lässt den Schluss zu, dass sich eine Betrachtung der zum Bauort gehörenden Klimazonen nur für Gebäude mit einem normalen bis mittleren Dämmstandard ($U\text{-Wert} \geq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ für opake Bauteile und einem $U\text{-Wert} \geq 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ für die Fenster) lohnt. Bei Gebäuden mit einem sehr guten Dämmstandard genügt eine Betrachtung mit dem Referenzklima Deutschland, außer der Bauort liegt in einer sehr warmen Klimazone, denn dort lässt sich noch einen 50%ige Einsparung erzielen.

**Gegenüberstellung der Klimazonen und Hausvarianten
mit Nachtabtschaltung**

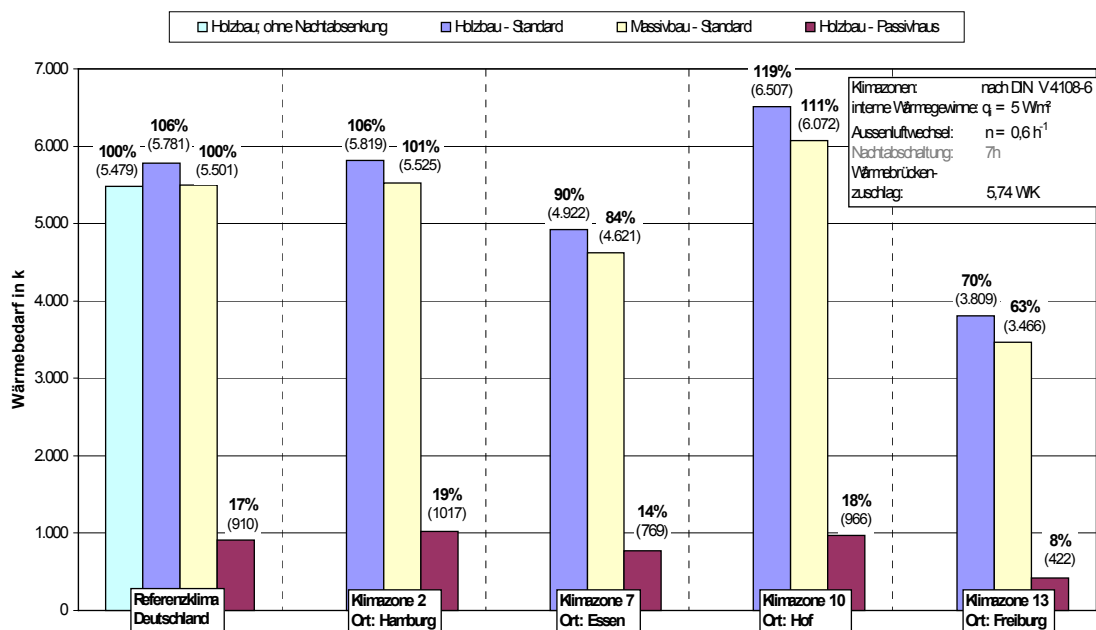


Diagramm 5-2 Prozentualer Vergleich (wie Diagramm 5-1) mit Nachtabtsenkung

Das Diagramm 5-2 zeigt noch einmal die verschiedenen Gebäudevarianten, diesmal aber unter Berücksichtigung einer 7-stündigen Heizunterbrechung nach [5] Tab. D.3. Für die einzelnen Zonen ergibt sich daraus ein 6 bis 8 %iger Mehrbedarf an Heizwärme im Jahr für den Vergleich mit dem gewählten Referenzwert.

Im Vergleich Holzbau zu Massivbau kann den Diagrammen entnommen werden, dass die höhere wirksame Wärmespeicherfähigkeit zur Bestimmung des Ausnutzungsgrades η keinen sehr großen Einfluss auf den Jahresheizwärmebedarf des Gebäudes hat. Betrachtet man nun den Aufbau des Monatsbilanzverfahrens, lässt sich erkennen, dass der Ausnutzungsgrad η in starkem Maße von dem Verhältnis der Wärmegewinne/Wärmeverluste γ des Gebäudes abhängt. Wesentliche Parameter für den Ausnutzungsgrad sind die zulässige Überheizung über die Soll-Innentemperatur und die Zeitkonstante.

Für den Ausnutzungsgrad bedeutet das in Bezug auf die Nutzung solarer Energien, dass die Wärmespeichereinflüsse nur bis zu einer bestimmten Schichtdicke berücksichtigt werden können, da beispielsweise Wärmedämmschichten dahinterliegende Speichermassen abschotten. In die Berechnung des Ausnutzungsgrades η geht daher nicht das gesamte Wärmespeichervermögen eines Bauteils ein, sondern nur die in der Heizperiode wirksame Wärmespeicherfähigkeit C_{wirk} .

Durch diese Abhängigkeiten lässt sich der geringe Einfluss von C_{wirk} auf den Jahresheizwärmebedarf erklären.



6. Thermische – energetische Gebäudesimulation mit dem Programm „TRNSYS“

6.1. Beschreibung des Programm Trnsys

Bei dem Programm „TRNSYS“ handelt es sich um ein modular aufgebautes bauphysikalisches Simulationsprogramm. Entstanden ist es in den 80-iger Jahren an der Universität Madison im Bundesstaat Wisconsin, USA. Eigentlich hatten die Wissenschaftler ein Programm zu entwickeln, mit dem sich solarthermische Anlagen simulieren ließen. Als das Programm nach seiner Fertigstellung zur Anwendung kam, erkannte man aber sehr schnell, dass die Anwendung des Programms auch auf viele andere Bereiche der Energietechnik anwendbar ist. Nachdem das Programm einige Entwicklungsstadien durchlaufen hatte, wurde von den Entwicklern ein Modul zur dynamischen Berechnung von Mehrzonen-Gebäudemodellen hinzugefügt, wodurch sich die Möglichkeit ergab, ganze Gebäude klimatisch zu simulieren.

TRNSYS arbeitet auf der Basis einer eigenen Programmiersprache, mit der der Benutzer die einzelnen Komponenten, die das System bilden, erstellen und über die Inputs und Outputs miteinander verknüpfen kann. Am Ende ergibt sich daraus eine Steuerdatei, die von dem eigentlichen Teil des Programms, dem Algorithmus, gelesen wird und so unter Verwendung von verschiedenen Wetterdaten und dem beschriebenen Gebäude die gewählten Ergebnisse berechnet und im Anschluss ausgibt.

Dieses Programm erlaubt es, verschiedene Konzepte detailliert nachzubilden und hinsichtlich verschiedener Kriterien wie Einsparpotentiale, Komfort etc. zu bewerten.

Im wesentlichen wurden für diese Arbeit drei Programmkomponenten genutzt.

1. Prebid

Dieser Programmteil wurde zur benutzerfreundlichen Eingabe der Gebäudebeschreibung für das Mehrzonengebäude in TRNSYS (TYPE 56) als die interaktive Benutzeroberfläche entwickelt.

Die Zonenbeschreibung über Wände und Fenster wird durch Wand- und Fensterbibliotheken mit Standardlösungen unterstützt. Um den Aufbau von Wänden zu definieren, stehen dem Benutzer Materialdaten aus einer Standardbibliothek (z.B. DIN 4108) oder aus einer selbstdefinierten Bibliothek zur Verfügung. Weitere Bibliotheken enthalten Wärmequellen (z.B. Personen, Computer, Beleuchtung). Neben der Onlinehilfe stehen für die Eingabegrößen Infotexte zur Verfügung.

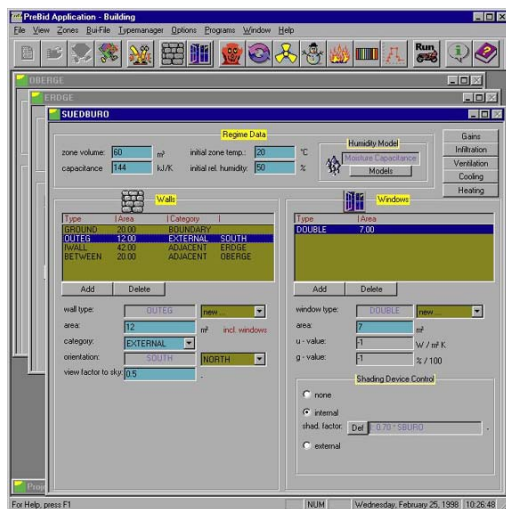


Bild 6-1 Oberfläche der Programmkomponente PreBid



2. TRNSHELL

Die TRNSHELL ist eine Simulationsumgebung für TRNSYS. Von dieser Oberfläche kann die Simulation mit TRNSYS gestartet werden, sowie alle Programme des Softwarepakets TRNSYS wie PRESIM / IISIBAT, PREBID, BID, etc. aufgerufen werden. Zusätzlich sind viele Routinen implementiert worden, die das Arbeiten mit TRNSYS erleichtern. So kann z.B. ein TRNSED Eingabefile innerhalb weniger Minuten erstellt werden, da die auswählbaren Parameter und Eingabegrößen vom Programm identifiziert werden und dann über Mausclick ausgewählt werden können. Für Parameterstudien bietet die TRNSHELL die Möglichkeit, einzelnen Parametern Wertetabellen zuzuweisen, die dann nacheinander automatisch abgearbeitet werden.

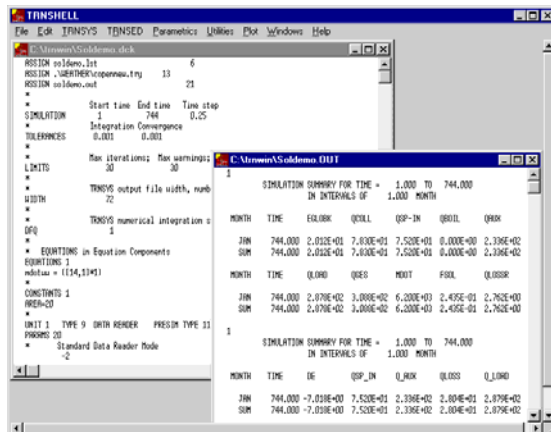


Bild 6-2 Oberfläche der Programmkomponente TRNSHELL

3. ONLINE

Mit Hilfe des ONLINE können mehrere Systemvariablen während der Simulation auf dem Bildschirm dargestellt werden. Das ONLINE kann zu jedem Zeitpunkt angehalten werden, um z.B. Zahlenwerte für einen bestimmten Zeitpunkt in Ruhe abzulesen. Des weiteren besteht die Möglichkeit, bei laufendem oder gestopptem ONLINE Ausschnitte zu vergrößern, Variablen auszublenden und die Skalierungen der y-Achse anzupassen. Die Visualisierung von Ergebnissen erleichtert die Weitergabe der Ergebnisse sowie die Kontrolle der Systemsimulation. Hiermit lassen sich unsinnige Ergebnisse aufgrund von Eingabefehlern schnell erkennen.

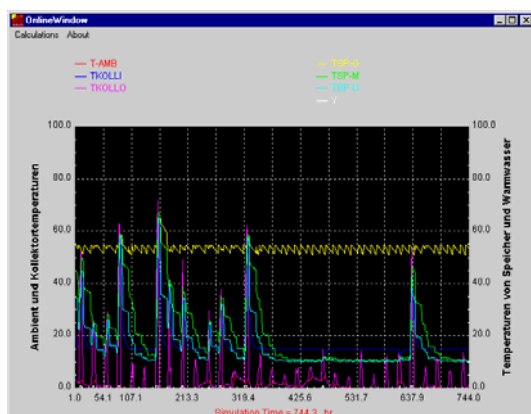


Bild 6-3 Oberfläche der Programmkomponente ONLINE



6.1.1. Meteorologische Daten

Für die Simulation benötigt TRNSYS die Aufzeichnungen von meteorologischen Daten. Diese Daten sollten in stündlichen Zeitabständen vorliegen. Auf dieser Basis sind die vom Deutschen Wetterdienst erstellten und vertrieben sogenannten Testreferenzjahre aufgebaut. Die Testreferenzjahre gibt es für alle Teile dieser Erde, so dass die Simulationen für jeden Ort durchgeführt werden können.

Für das zu simulierende Gebäude wird das Testreferenzjahr TRY 05 des DWD verwendet, um den Jahresverlauf der Innentemperaturen und des Heizwärmebedarf in Abhängigkeit vom Außenklima zu erhalten. Das TRY 05 ist gültig für den Raum Würzburg, kommt in der Simulation aber mit den mittleren Außentemperaturen des Referenzklima nach [5] zum Einsatz. Diese Kombination ist zulässig, da das Referenzklima von Würzburg nur leicht abgewandelt auch als Referenzklima Deutschland in der Norm eingeflossen ist.

Die Testreferenzjahre bestehen aus einer stündlichen Sammlung vom meteorologischen Parametern, wie z.B. Außenlufttemperaturen, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Niederschlag und direkte sowie diffuse Strahlung auf eine horizontale Empfängerfläche über den Verlauf eines Jahres. Um das TRY statistisch gesehen auf eine sichere Grundlage zu stellen, werden die Daten aus 29 charakteristischen Witterungsperioden einer Region zusammen gestellt. Diese Sammlung aus vielen Witterungsperioden ergibt aber keine Maximalwerte oder Häufigkeiten, wie sie in Verläufen extremer Jahresschwankungen auftreten können. Mit diesen Daten lässt sich also der sogenannte „real case“ betrachten.

Möchte man das Verhalten des Gebäudes für den sommerlichen Extremfall (worst case) betrachten, muss auf einen Datensatz mit einer Wetterperiode nach VDI 2078 zurückgegriffen werden. In diesen Datensätzen wird ein extrem heißer Tag im Hochsommer fünfmal aneinander gereiht. Mit diesem Datensatz wird in dieser Arbeit der Zeitraum ermittelt, ab dem sich die untersuchten Varianten unter verschiedenen Randbedingungen im eingeschwungenen Zustand befinden.



6.2. Darstellung der Außen- und Innenlufttemperaturen

In diesem Kapitel wird noch einmal kurz auf die meteorologischen Daten und ihren Einfluss auf das Innenraumklima eingegangen. Wie schon in Kapitel 6.1.1 Seite 62 beschrieben, wird bei der Simulation das Testreferenzjahr Try05 verwendet. Das Diagramm 6-1 zeigt nun den Temperaturverlauf der Außenluft dieses Referenzjahres über das Jahr betrachtet. Dabei sieht man, dass im Sommer eine Spitzentemperatur von ca. 34°C erreicht wird und die Tiefsttemperatur während der Heizperiode bei ca. -15°C liegt.

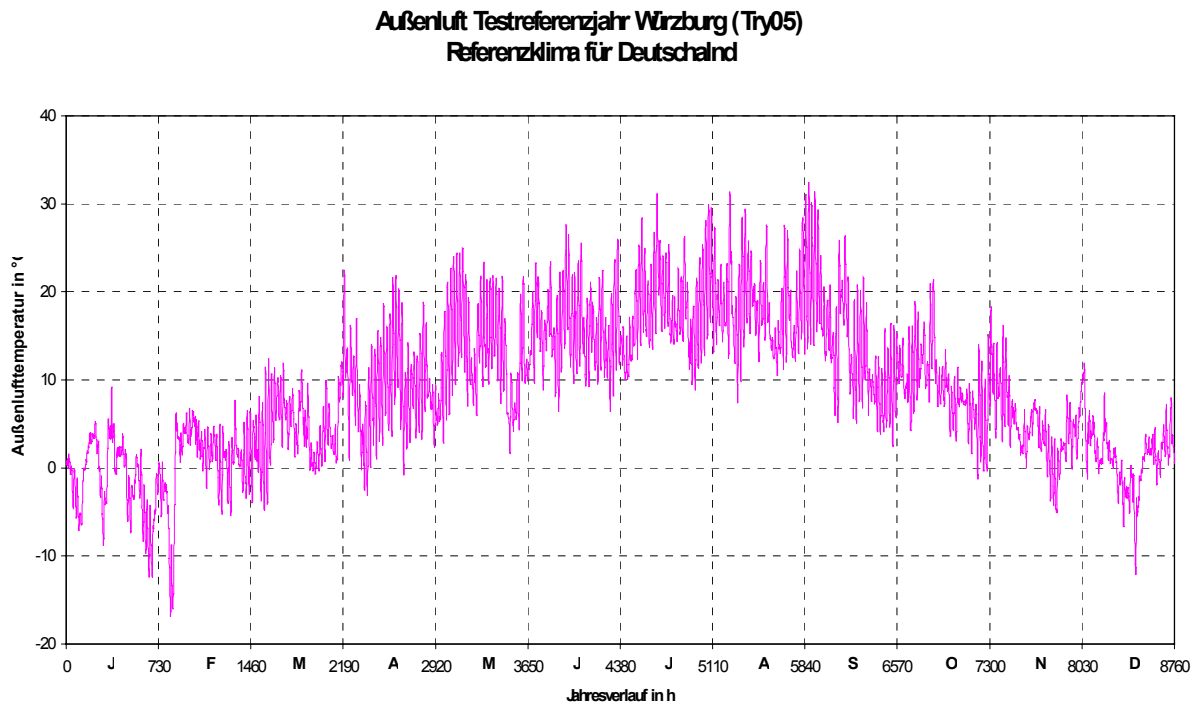


Diagramm 6-1 Außenlufttemperatur des Testreferenzklima Try05 (Würzburg)

Für die Berechnung der Innenlufttemperatur sind neben der Gebäudesituation (Dämmstandard, Fenster,...) und der internen Wärmegewinne (Personen, Haushaltsgeräte,...) unter anderem auch die Außenlufttemperatur und die Strahlungsintensitäten ausschlaggebend. Dadurch ist auch der Jahresheizwärmebedarf direkt von diesen Parametern betroffen, denn diese hängen unmittelbar von der Innenlufttemperatur ab. Ist es draußen kalt, machen die Nutzer die Heizung an.

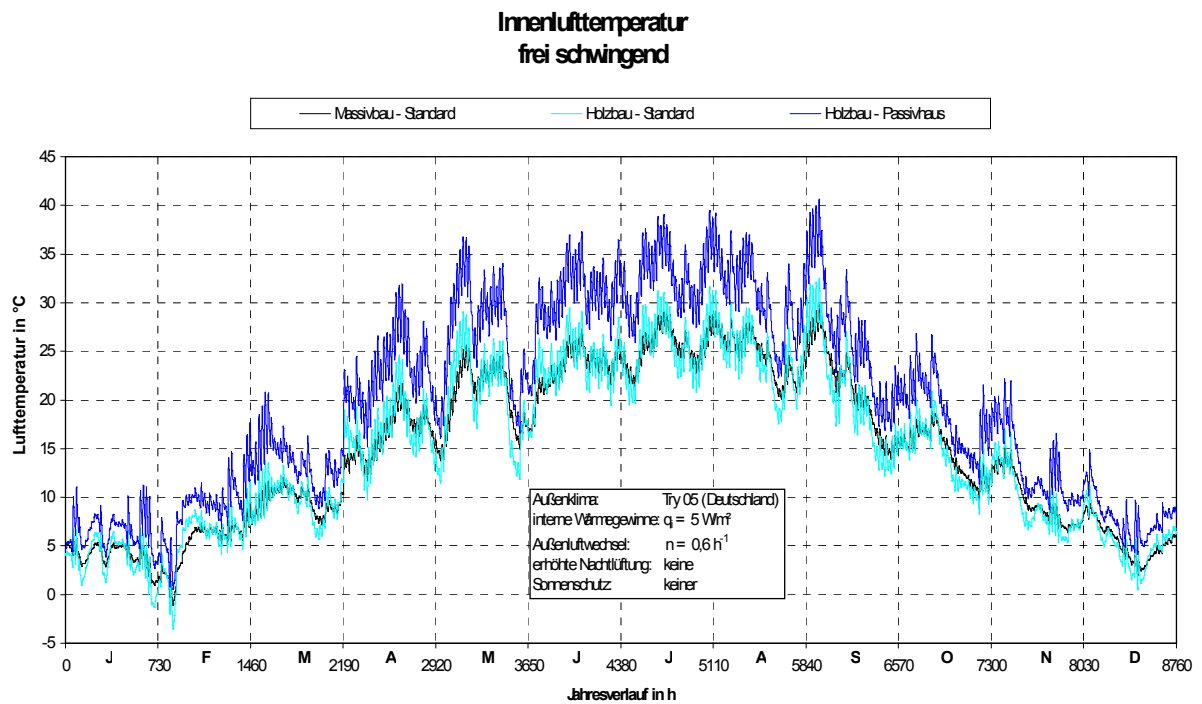


Diagramm 6-2 Innenlufttemperatur der Varianten (frei schwingend)

Wie stark sich diese Abhängigkeiten auf die Innenlufttemperatur auswirken, lässt sich im Diagramm 6-2 erkennen, in dem ein frei schwingender Innenlufttemperaturverlauf dargestellt wird. Die Spitzentemperatur erhöht sich auf über 40°C (Holzbau – Passivhaus) und die Tiefsttemperatur verringert sich auf ca. -4°C. Der Einfluss des Nutzerverhaltens wird in den nachfolgenden Kapiteln betrachtet.



6.3. Vergleich Rechnung nach dem Monatsbilanzverfahren zu den Ergebnissen der Simulation

Als erstes wird in dieser Arbeit ein Vergleich der Berechnungsmodelle vorgenommen. Wie in Kapitel 1 Seite 5 dieser Diplomarbeit beschrieben gibt es verschieden Berechnungsmodelle zur Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs, angewendet wurden das vereinfachte und das Monatsbilanzverfahren. Diese Verfahren geben aber nur eine theoretische Aussage über den Jahresheizwärmebedarf für das Gebäude. Die Frage ist nun, wo der reale Jahresheizwärmebedarf für die untersuchten Gebäude liegt.

Dazu werden die Gebäude unter Berücksichtigung der für die Berechnung nach dem Monatsbilanzverfahren gewählten Parameter in die Simulation übernommen.

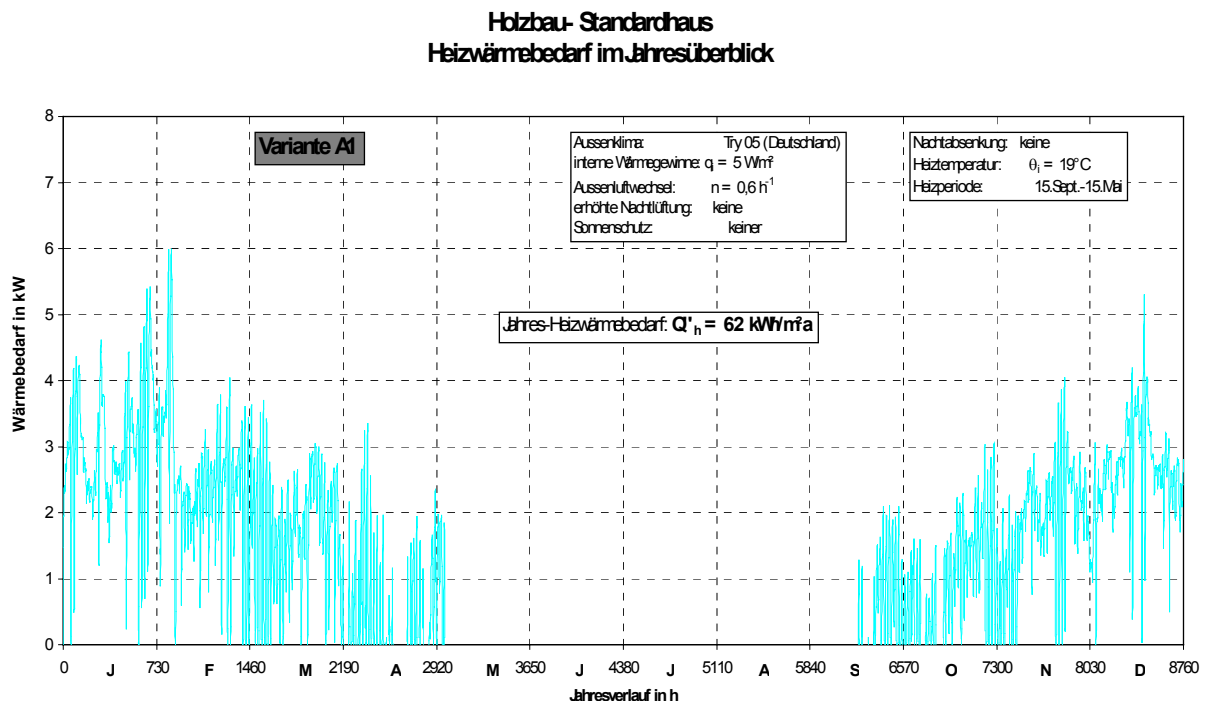


Diagramm 6-3 Q''_h der Variante A (Holzbau – Standard) mit einer Heiztemperatur von 19°C

Dies zeigt eine Verschlechterung des Jahresheizwärmebedarfs für den Holzbau – Standard von 46 kWh/m²a (siehe Kapitel 4.3 Tabelle 5-1 Seite 55) nach dem Monatsbilanzverfahren auf 62 kWh/m²a gem. der Simulation (siehe Diagramm 6-3). Dies entspricht einer Differenz von 16 kWh/m²a.

Bei der Betrachtung der anderen Varianten ergibt ein ähnliches Verhältnis der Ergebnisse (siehe Diagramm 6-4 und Diagramm 6-5 auf Seite 44 bzw. Tabelle 5-2 Seite 56 sowie Tabelle 5-3 Seite 57).

Diese ergeben für den Holzbau - Passivhaus Werte von $Q''_h = 4,90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (MB-Verfahren) und $Q''_h = 19 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Simulation).

Beim Massivbau – Standard liegen die Ergebnisse bei $Q''_h = 39 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (MB-Verfahren) und $Q''_h = 52 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Dieses Ergebnis ist nicht verwunderlich, da bei der Berechnung nach Normen von stark vereinheitlichten Werten für die Parameter des Außenklimas und des Nutzerverhaltens ausgegangen wird.



Holzbau-Passivhaus Heizwärmebedarf im Jahresüberblick

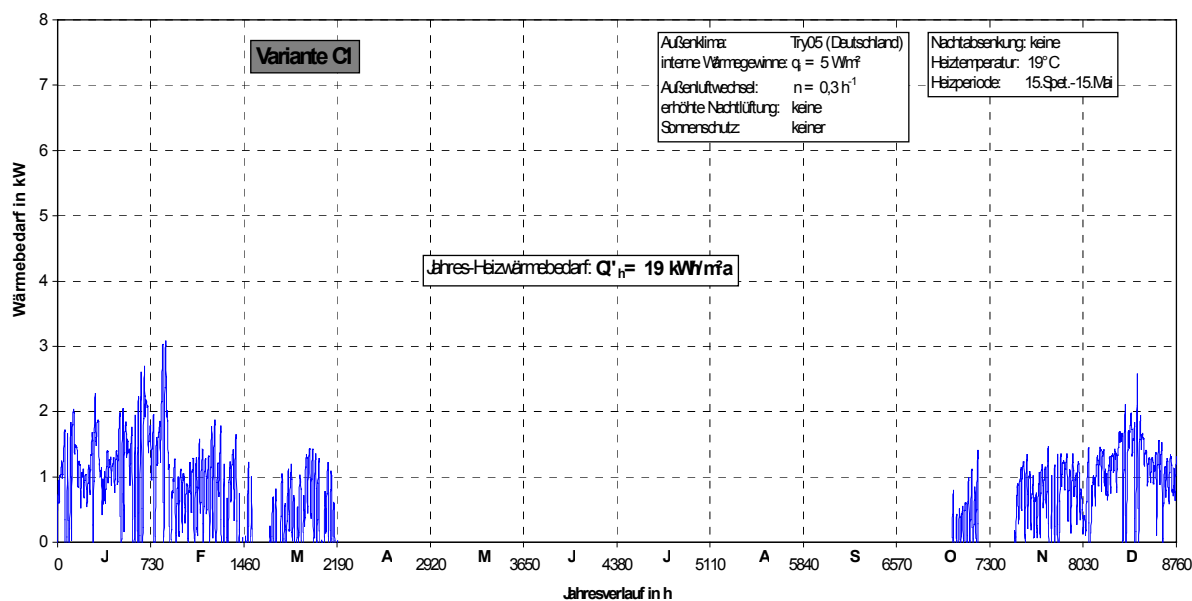


Diagramm 6-4 $Q'h$ der Variante C (Holzbau – Passivhaus) mit einer Heiztemperatur von 19°C

Massivbau - Standardhaus Heizwärmebedarf im Jahresüberblick

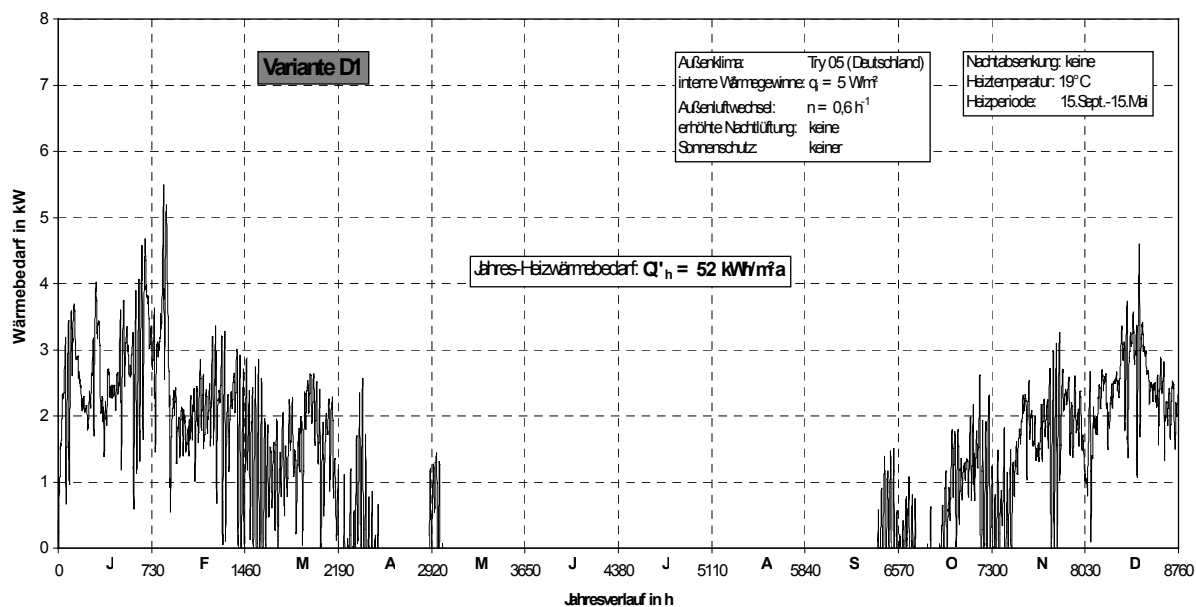


Diagramm 6-5 $Q'h$ der Variante D (Massivbau – Standard) mit einer Heiztemperatur von 19°C



6.4. Einfluss des Nutzerverhalten auf den Jahresheizwärmebedarf

In diesem Kapitel wird nun das Nutzerverhalten in die Simulation mit eingebracht. Wie groß ist der Einfluss der Nutzer auf den Jahresheizwärmebedarf? Zu diesem Zweck wird als erstes bei gleichen Randbedingungen wie in Kapitel 6.3, d.h. gleiches Testreferenzjahr (Try05), interne Wärmegevinne $q_i = 5 \text{ W/m}^2$, Außenluftwechsel $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$ und eine Heizperiode vom 15. Sept. – 15. Mai, eine Erhöhung der Sollinnentemperatur (Heiztemperatur) um eine 1 K (von 19°C auf 20°C) simuliert. Dies brachte eine Steigerung des Jahresheizwärmebedarfs um $7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Diagramm 6-3 und Diagramm 6-6). Das macht für den Holzbau – Standard, der in den folgenden drei Diagrammen dargestellt ist, einen Jahresheizwärmebedarf von $Q''_h = 69 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bezogen auf eine Nutzfläche von $A_N = 155 \text{ m}^2$.

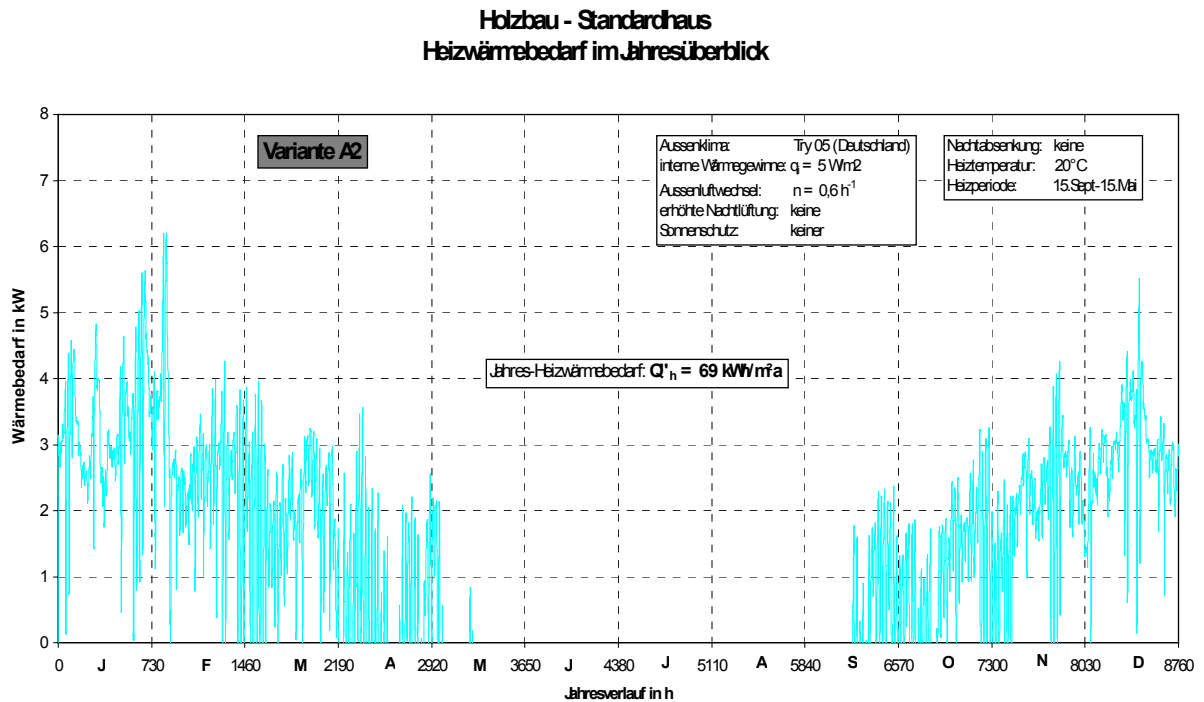


Diagramm 6-6 Holzbau – Standard mit einer Heiztemperatur von 20°C



In der nächsten Simulation wird die Sollinnentemperatur um noch einmal 1K (20°C auf 21°C) erhöht. Als Ergebnis stellte sich eine weitere Erhöhung des Jahresheizwärmebedarfs um 7 kWh/m²a von $Q''_h = 69 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ auf $Q''_h = 76 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Diagramm 6-7) ein.

Holzbau- Standardhaus Heizwärmebedarf im Jahresüberblick

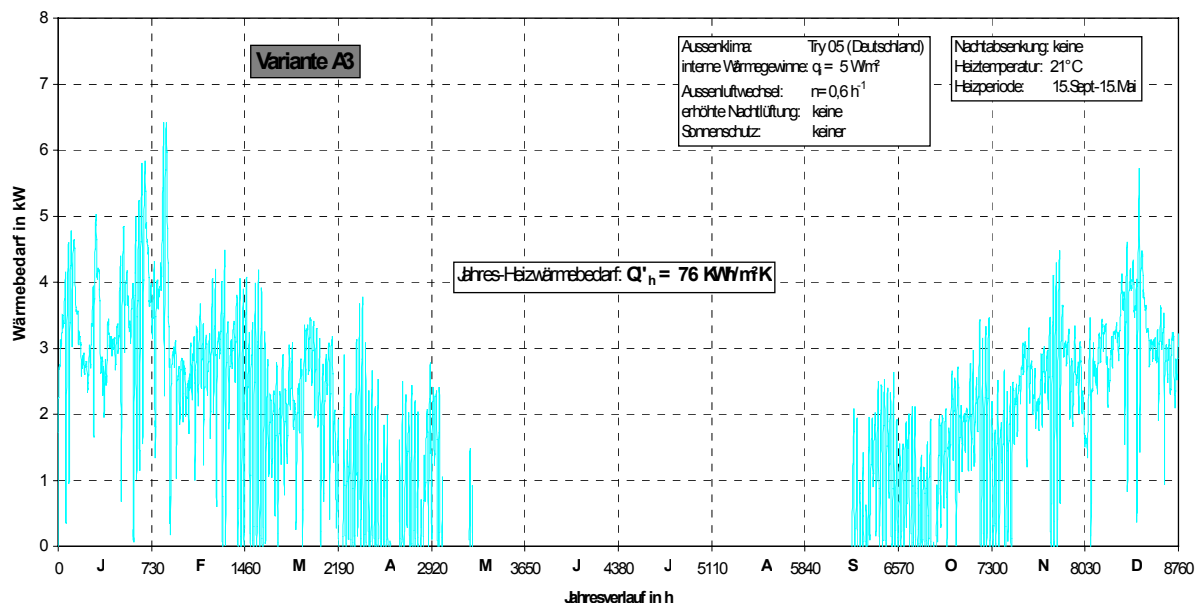


Diagramm 6-7 Holzbau - Standard mit einer Heiztemperatur von 21°C

Das heißt es kann also bei den vorliegenden Bedingungen davon ausgegangen werden, dass sich das Nutzerverhalten auf den ersten Blick nicht unerheblich auf den Jahresheizwärmebedarf auswirkt. Denn immerhin ergibt sich aus der Erhöhung der Sollinnentemperatur auf 21°C schon eine Steigerung des Jahresheizwärmebedarfs um ca. 23%, gemessen an der nach [5] Tab D.3 festgelegten Sollinnentemperatur von 19°C.

Diese Erkenntnis legt nahe, dass sich durch eine weitere Verfeinerung des Nutzerverhaltens, ein noch größerer Unterschied im Jahresheizwärmebedarf ergibt.

Um dieser Vermutung nach zugehen, wird in der Simulation eine Absenkung der Raumlufttemperatur in der Nachtzeit auf 18°C für 7 Std. - dieser Zeitraum ergibt sich aus der Norm 4108-6 [5] und aus dem Vermieterlexikon [24] - berücksichtigt.



Holzbau - Standardhaus Heizwärmebedarf im Jahresüberblick

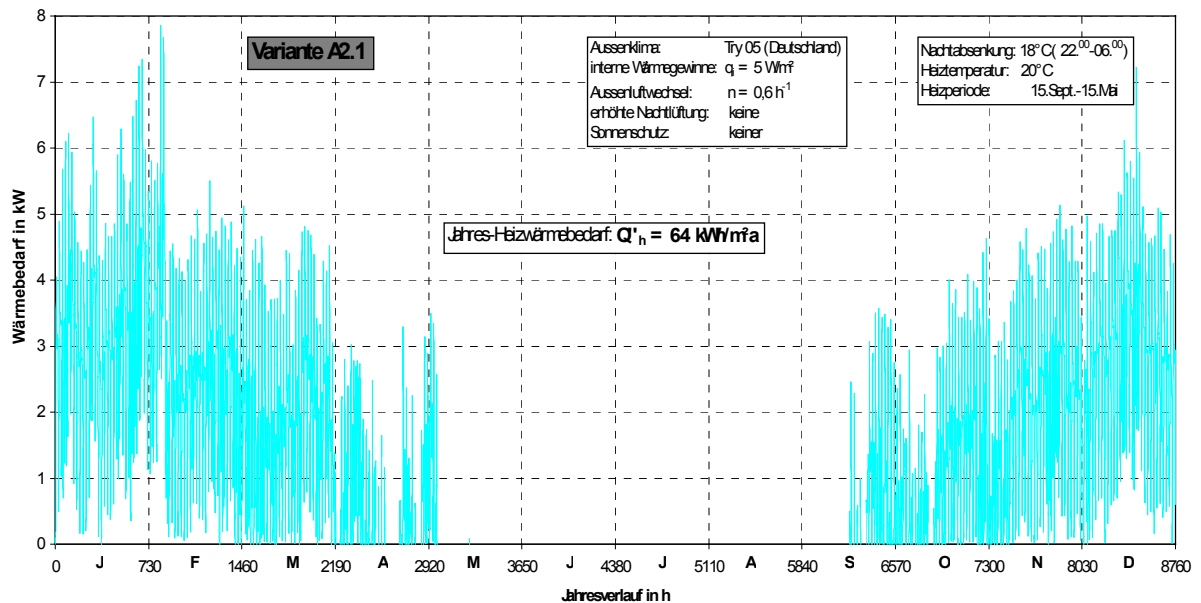


Diagramm 6-8 Holzbau - Standard mit einer Nachtabenkung auf 18°C über 7 Std.

Wie im obigen Diagramm 6-8 ist nach dieser Simulation zu erkennen, dass sich durch diese Absenkung eine Verringerung des Jahresheizwärmebedarfs auf $Q'_h = 64 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ergibt. Das macht eine Differenz von $5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ gegenüber dem Jahresheizwärmebedarf ohne Nachtabenkung. Im ersten Augenblick ist das für das Haus nach Holzbau – Standard keine sehr große Ersparnis. Aber immerhin eine nochmalige Einsparung um 7 % zum Jahresheizwärmebedarf ohne Nachtabenkung. Die oben beschriebene Situation würde sich z.B. bei einer Familie ergeben bei der die Mutter/Vater tagsüber zu Hause ist und sich dadurch ein Heizbedarf während der Tageszeit ergibt.

Als zweite Möglichkeit für ein Nutzerverhalten wird von berufstätigen Nutzern ausgegangen und damit verbunden eine Nachtabenkung in Kombination mit einer Tagesabsenkung in der Zeit von 08.00-17.00. Das Ergebnis dieser Simulation ist im Diagramm 6-9 auf der nächsten Seite dokumentiert. Es zeigt sich, dass sich mit einer Tages- und Nachtabenkung der Jahresheizwärmebedarf um weitere $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ senken lässt.



Holzbau - Standardhaus (EnEV) Heizwärmebedarf im Jahresüberblick

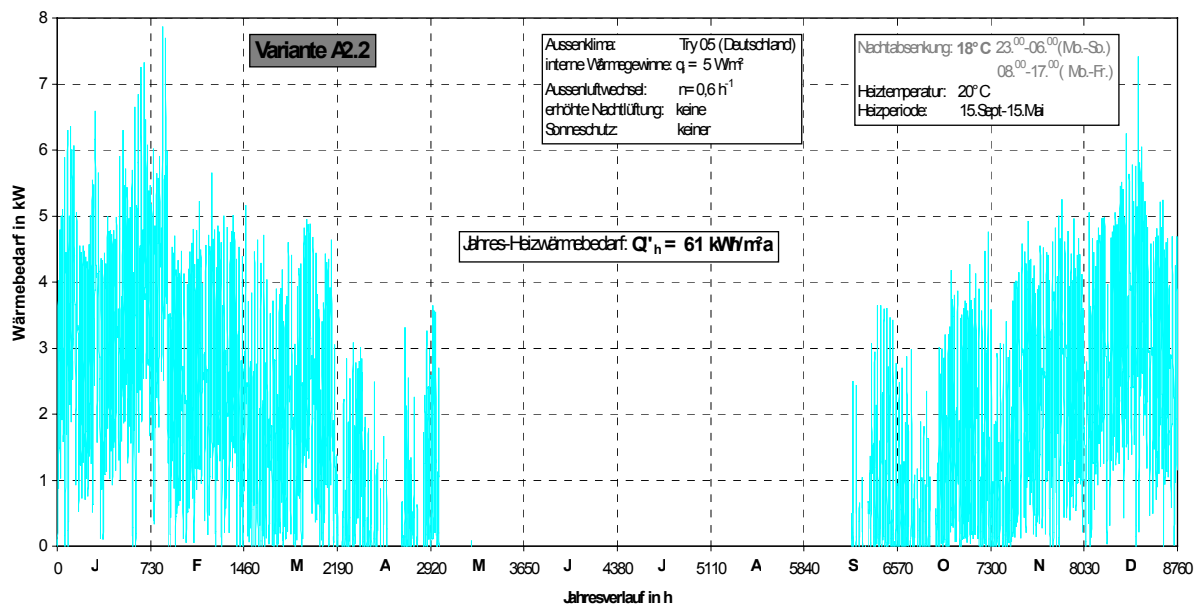


Diagramm 6-9 Holzbau – Standard mit Nacht- und Tagabsenkung

Da sich für die Variante D (Massivbau – Standard) die gleichen Werte für den Jahresheizwärmebedarf nur insgesamt um 10 kWh/m²a niedriger ergeben, wird hier auf die Diagramme im Kapitel 9, Seite 88 ff verwiesen.

Zur Gegenüberstellung werden hier nur die Ergebnisse der Simulationen angegeben:

ohne Nachtabsenkung wird ein $Q'_h = 59 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,

mit Nachtabsenkung ein $Q'_h = 55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und

mit einer kombinierten Tages- und Nachtabsenkung ein $Q'_h = 52 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erreicht.

In den Diagramm 6-10 und Diagramm 6-11 auf der nächsten Seite sind die Ergebnisse für das Passivhaus mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 87% zu sehen. Auch hier kommt es zu den Einsparungsergebnissen wie in den vorher beschriebenen Varianten, so dass es keiner weiteren Erläuterung bedarf



Holzbau - Passiv Heizwärmebedarf im Jahresüberblick

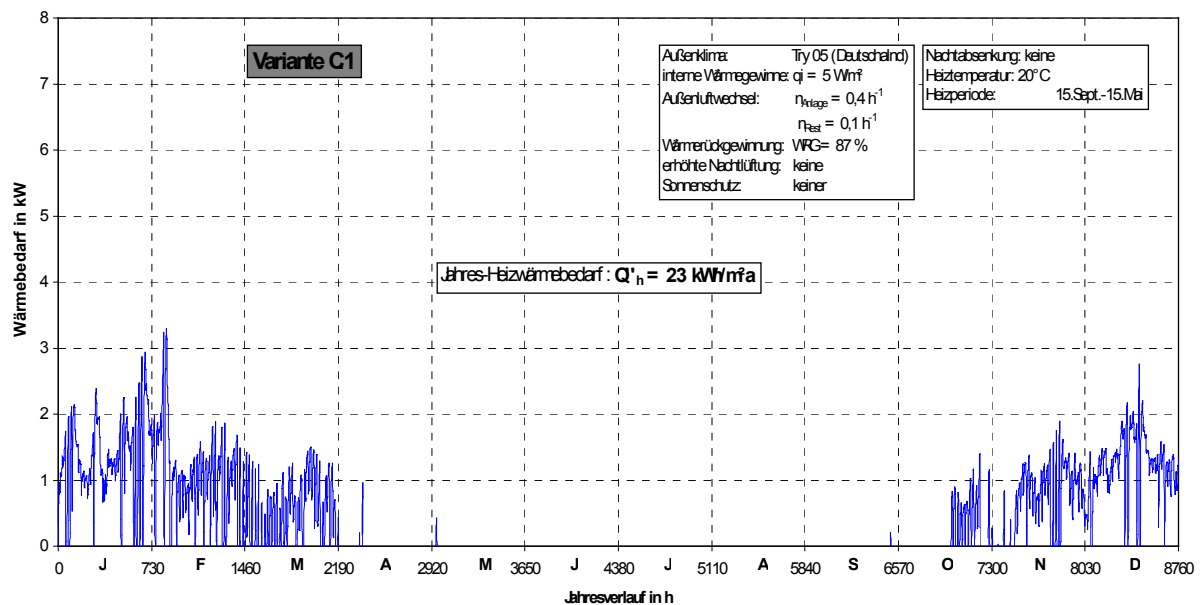


Diagramm 6-10 Holzbau – Passivhaus ohne Nachtabenkung WRG 87%

Holzbau - Passivhaus Heizwärmebedarf im Jahresüberblick

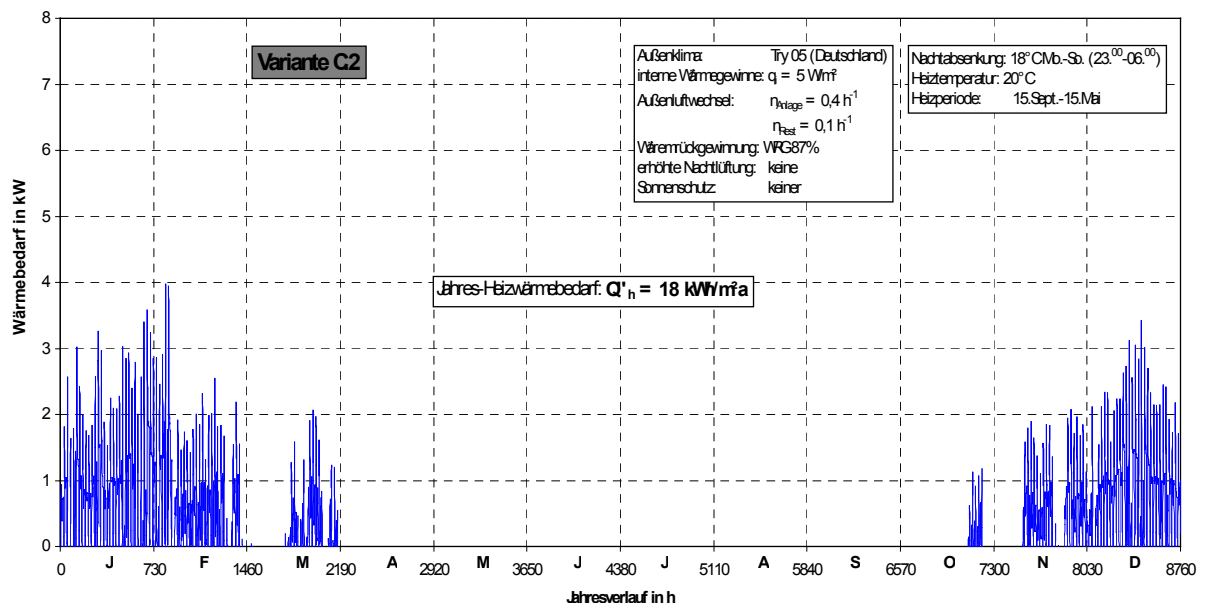


Diagramm 6-11 Holzbau – Passivhaus mit Nachtabenkung WRG 87%



6.4.1. Innenlufttemperaturen während einer extremen Sommerperiode

Neben dem Jahresheizwärmebedarf ist es wichtig, auch die Innenlufttemperatur in einem Gebäude zu betrachten. Dies ist nicht nur von Bedeutung durch den Zusammenhang der Innenlufttemperatur mit dem Jahresheizwärmebedarf, sondern auch, weil die Behaglichkeit für den Nutzer in sehr großem Maß von der Innenlufttemperatur beeinflusst wird.

Ich möchte hier kurz auf den Begriff „Behaglichkeit“ eingehen. Unter Behaglichkeit versteht man, ein den Bedürfnissen des Nutzers genügendes Raumklima zu schaffen. Das Raumklima ergibt sich wiederum aus der Funktion des Gebäudes.

Das Klimaempfinden und damit die Behaglichkeit unterscheidet sich aber je nach

- Konstitution, Körpertyp und –masse
- Nach Geschlecht und Alter (bei älteren Menschen wird eine höhere Temperatur empfohlen aufgrund der verminderten Stoffwechselrate) und
- Klimapassung durch den längeren Aufenthalt in einem extremen Klima

Das Klima selbst ist durch verschiedene Größen zu beschreiben, da wären zum einem

- die Temperaturen der Luft und der umgebenden Wände,
- die Luftgeschwindigkeit und
- die relative Luftfeuchte, allerdings nur in geringen Maße.

Die Luftgeschwindigkeit und die Luftfeuchte sind nicht Bestandteil dieser Arbeit und werden daher nicht weiter betrachtet. Bleibt also die Lufttemperatur. Wie beschrieben hängt auch die Lufttemperatur vom Empfinden der einzelnen Personen. Als behaglich ist ein Klima anzusehen, wenn es von der überwiegenden Zahl der sich im Raum befindlichen Nutzer als neutral empfunden wird.

Ansteigender Temperaturverlauf während einer Sommerperiode

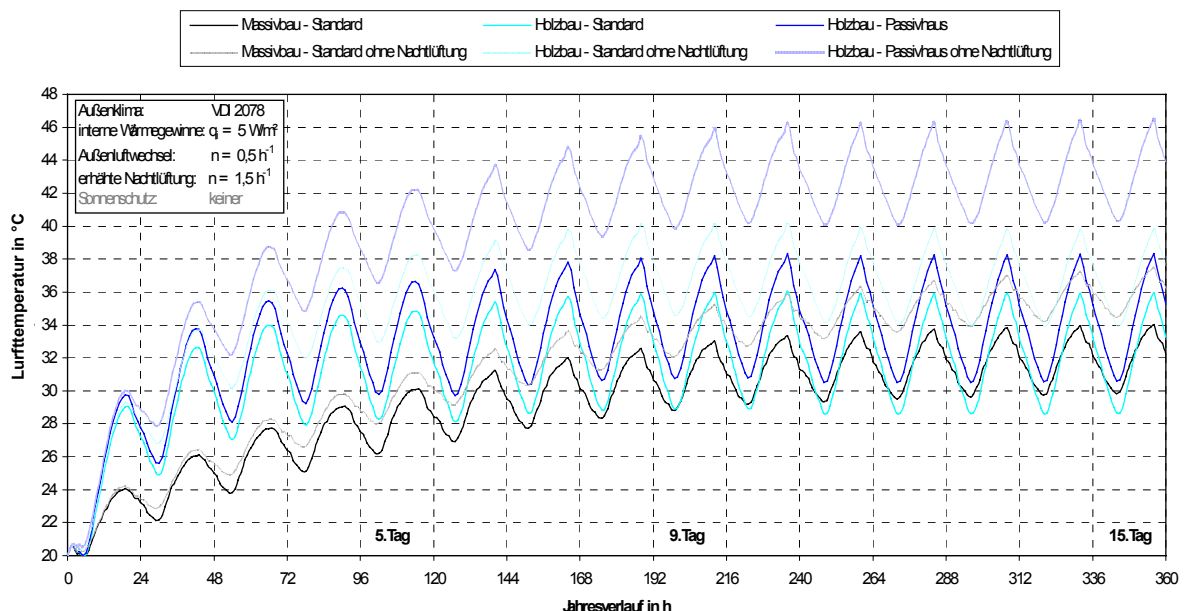


Diagramm 6-12 Innenlufttemperatur der Varianten ohne Sonnenschutz

Der Aufwand, der benötigt wird, um ein optimales (behagliches) Raumklima aufrechtzuerhalten, ist häufig unverträglich hoch. Diese ist ganz besonders im Sommer der Fall (siehe Diagramm 6-12).



Um diese extrem hohen Innenlufttemperaturen zu senken, gibt es verschiedene Möglichkeiten. In Bürogebäuden werden hierfür in den meisten Fällen Klimaanlage eingesetzt. Für den Wohnungsbau kommen solche System auf Grund ihrer sehr hohen Kosten und dem erhöhten Energiebedarf nicht in Frage.

Ansteigender Temperaturverlauf während einer Sommerperiode

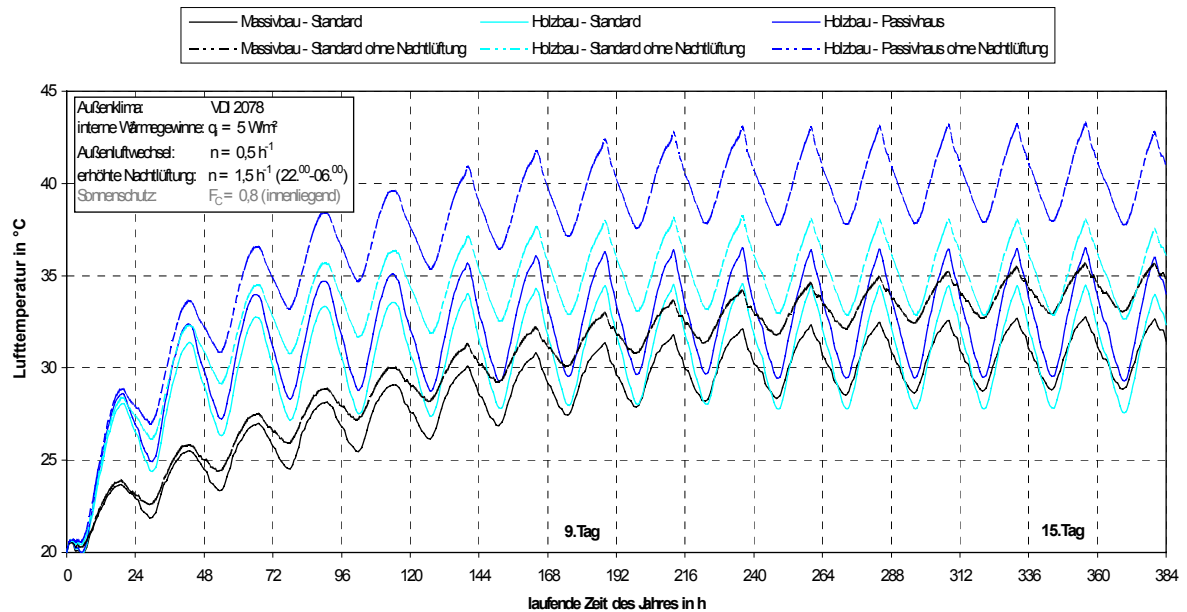


Diagramm 6-13 Innenluft im ansteigenden Zustand, mit innenliegendem Sonnenschutz

In den durchgeführten Simulationen mit den meteorologischen Daten nach [17], siehe Kapitel 6.1.1 Seite 62, werden daher nur auf die Möglichkeiten der Verschattung durch einen Sonnenschutz und eine Erhöhung der Lüftung berücksichtigt.



Temperaturverlauf innerhalb des eingeschwungenen Zustands während einer Sommerperiode

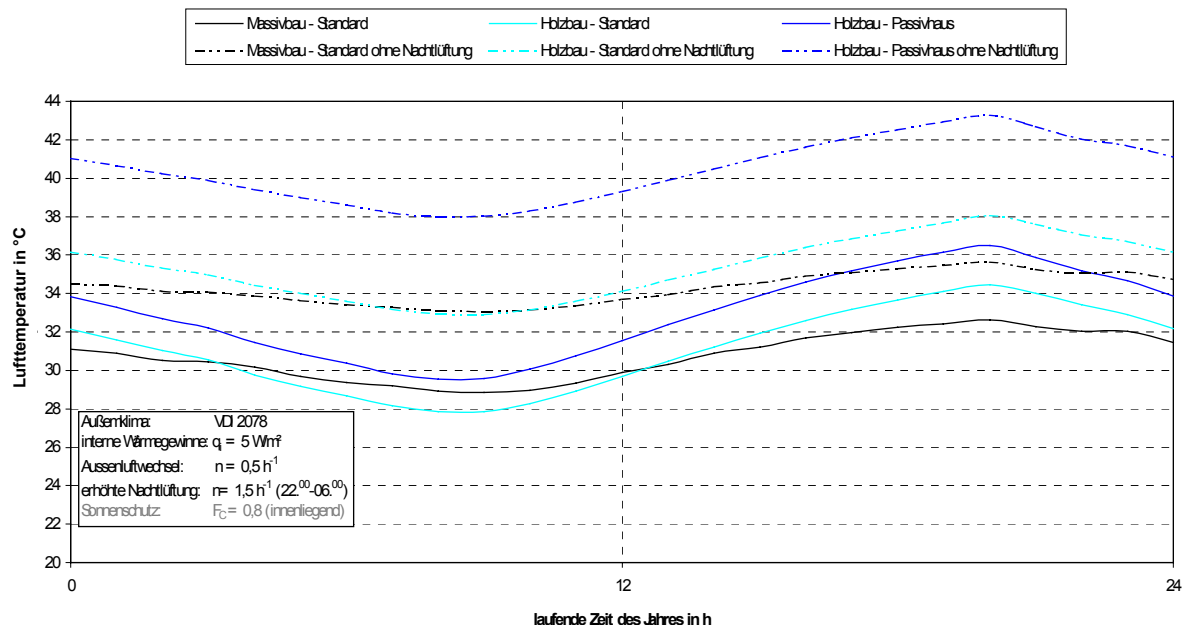


Diagramm 6-14 Innentemperatur im eingeschwungenen Zustand, mit innenliegendem Sonnenschutz

Diese beiden Methoden Wärme aus dem Gebäude zu bringen oder im Fall der Verschattung die Strahlungsintensität zu verringern, sind sehr einfache aber auch sehr effektive Möglichkeiten zur Temperaturregulierung. So bringt allein der Einsatz einer erhöhten Nachtlüftung von $n = 1,5 \text{ h}^{-1}$ (entspricht einem auf kipp gestellten Fenster) eine Reduzierung der Innenlufttemperatur von ca. 41°C auf 37°C (Holzbau – Passivhaus) innerhalb der ersten 5 Tage der Simulation. Für die Varianten Massivbau – Standard und Holzbau – Standard ergibt sich im gleichen Zeitraum eine Verringerung von 30°C auf 29°C bzw. von 37°C auf 35°C (Diagramm 6-12 Seite 72).

Werden, wie bei der hier durchgeführten worst case – Betrachtung üblich, nur die ersten drei Tage des Temperaturanstieges betrachtet, erscheint es, als ob der Holzbau mit einem Temperaturanstieg von 13°C gegenüber dem Massivbau mit einem Anstieg von 7°C sehr viel schlechter dasteht.

Hierbei ist aber nicht so sehr von Interesse zu beobachten, wie hoch die Temperaturen der einzelnen Varianten steigen, sondern wann sich bei den einzelnen Bauweisen der eingeschwungenen Zustand einstellt. Als eingeschwungen wird ein Gebäude bezeichnet, in dem sich bei gleichbleibenden Bedingungen keine weitere Erhöhung der Innenlufttemperatur ergibt.

Für den Holzbau stellt sich dieser Zustand nach 9 Tagen ein, beim Massivbau aber erst nach 15 Tagen (siehe Diagramm 6-13 Seite 73 und Diagramm 6-16 Seite 75). Das heißt der Holzbau heizt sich sehr viel Schneller auf als der Massivbau. Während der Phase der Abkühlung kann dies aber von Vorteil sein.



Abkühlender Temperaturverlauf nach einer Sommerperiode

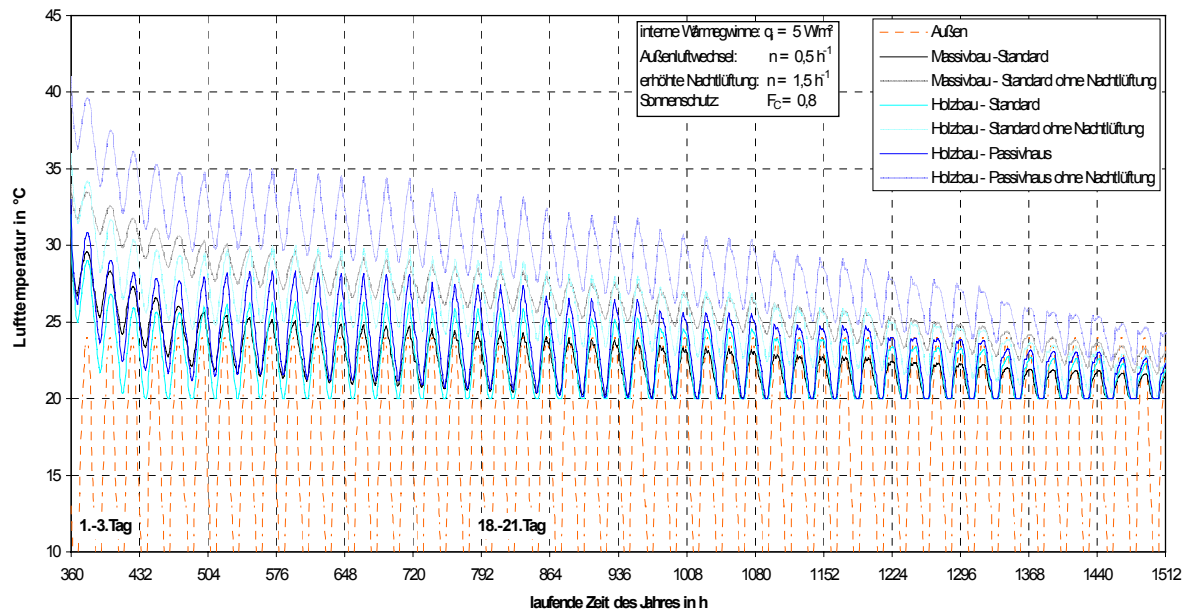


Diagramm 6-15 Innenluft im abkühlenden Zustand, mit einem innenliegenden Sonnenschutz

In den Diagramm 6-14 Seite 73 und Diagramm 6-17 Seite 76 ist der angesprochene eingeschwungene Zustand der drei Gebäudevarianten zu sehen. Nimmt man nun als erstes die Temperaturkurven (Innenlufttemperatur ohne erhöhte Nachtlüftung), kann man sehen das sich allein durch eine Verlegung des Sonnenschutzes von innen nach außen eine Senkung der Temperatur um bis zu 8°C erreichen lässt. Es ist sogar deutlich zu erkennen, dass der Holzbau – Standard in diesem Zustand nur noch etwa 2°C über den Werten des Massivbau – Standards liegt. Das bedeutet für die „worst case“ – Betrachtung, dass der Holzbau nicht so viel schlechter dasteht, wie im allgemeinen immer angenommen wird.



Ansteigender Temperaturverlauf während einer Sommerperiode

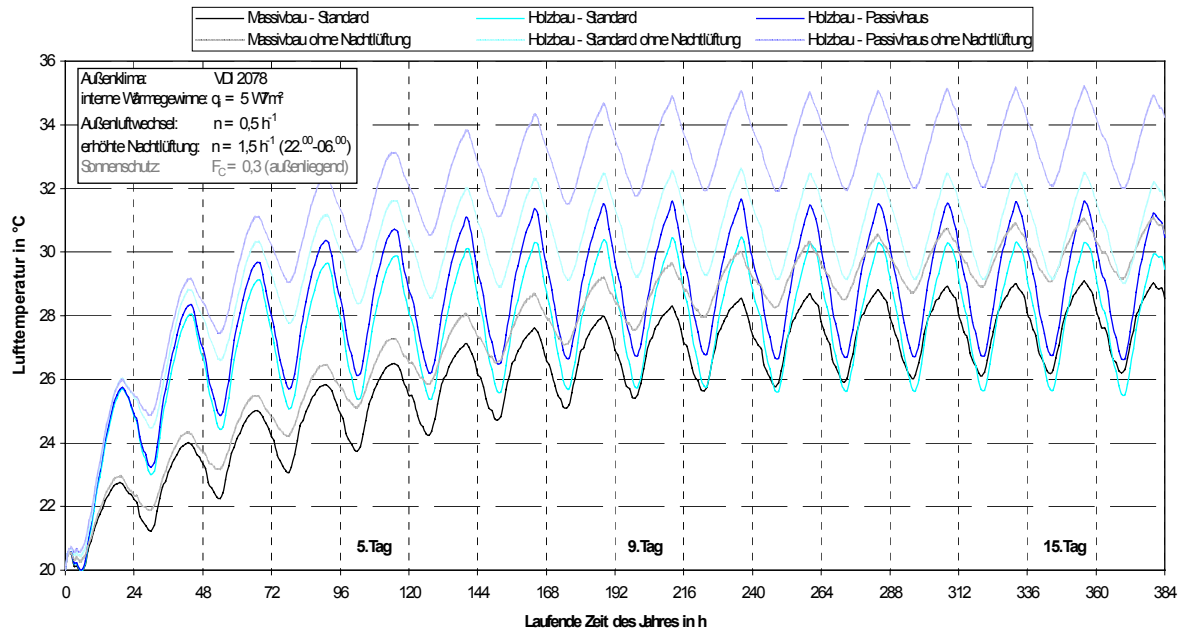


Diagramm 6-16 Innenlufttemperatur im ansteigenden Zustand, mit einem außenliegenden Sonnenschutz

Die Betrachtung der Aufheizphase und des eingeschwungenen Zustands sind aber nur eine Teilaussage über das Verhalten des Gebäudes. Wie verhalten sich die Gebäude aber während einer niedrigeren Außentemperaturphase? Hierzu kann die Außenlufttemperatur in der Simulation um einen beliebigen Wert abgesenkt werden. In den Diagramm 6-15 Seite 74 und Diagramm 6-18 Seite 76 ist das Temperaturverhalten während dieser Phase dokumentiert. Die Außenlufttemperatur wurde in diesem Beispiel um 9 °C herabgesetzt, für die Innenluft wurden die Temperaturen des eingeschwungenen Zustands angenommen.

In den Kurven ist zu erkennen das der Holzbau innerhalb der ersten drei Tage ein sehr viel stärkeres Temperaturgefälle aufweist, als der Massivbau. Das gilt sowohl für die Standard-, als auch für die Passivhaus – Variante. Für den Holzbau – Standard ergibt sich innerhalb dieser Zeit sogar schon einen Tiefsttemperatur von 20°C, wobei dieser Zeitraum mit Sicherheit stark von der Herabsetzung der Außenlufttemperatur abhängt. Es lässt sich aber dennoch erkennen, dass sich der Vorteil der höheren Speichermasse des Massivbaus hier zu einem Nachteil entwickelt.

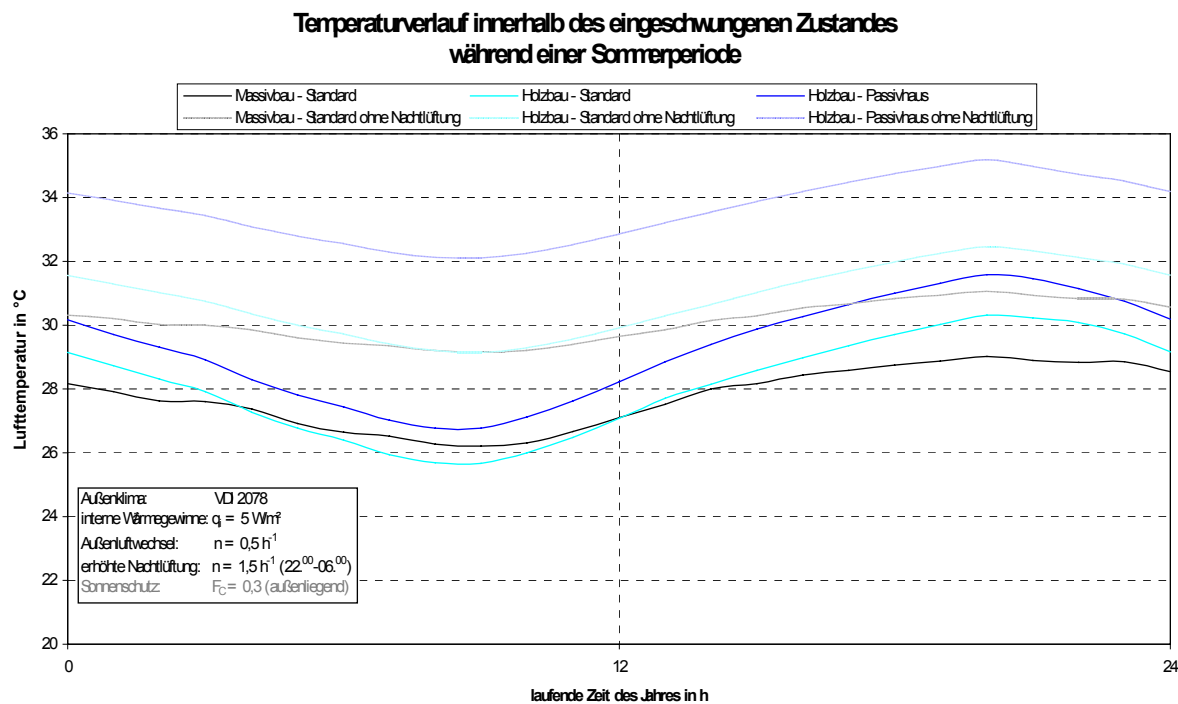


Diagramm 6-17 Innenluft im eingeschwungenen Zustand, mit außenliegendem Sonnenschutz

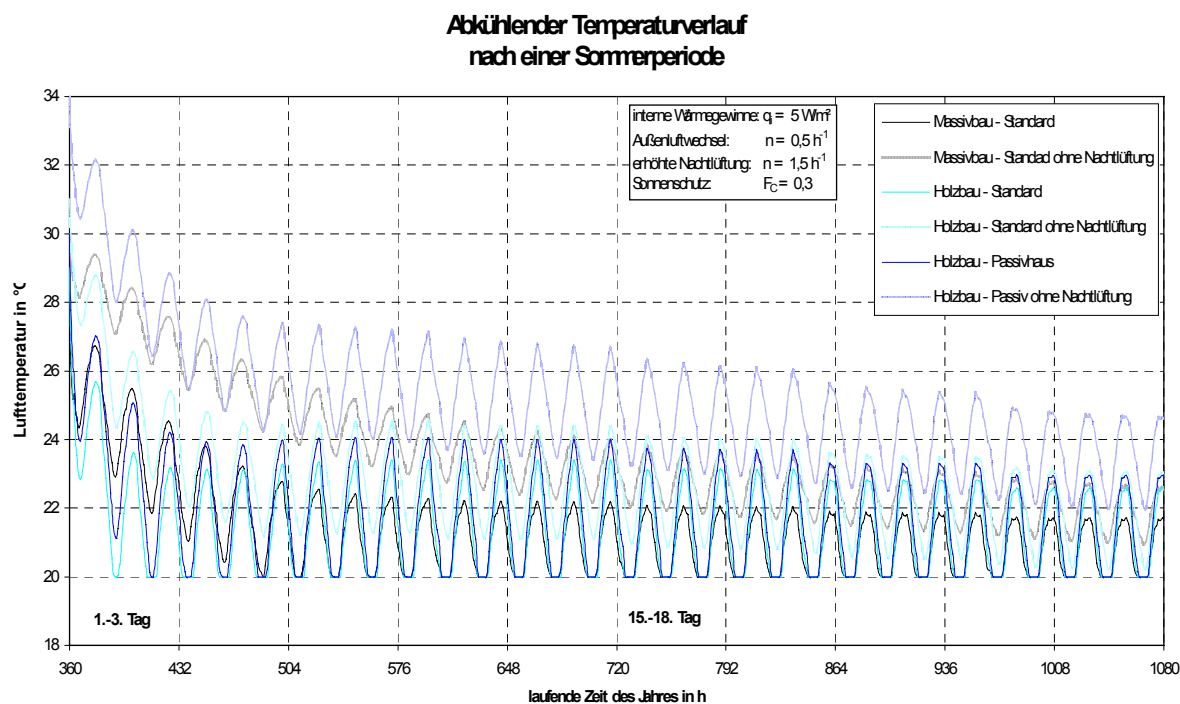


Diagramm 6-18 Innenluft im abkühlenden Zustand, mit außenliegenden Sonnenschutz



Da es sich bei den bis jetzt durch geführten Betrachtungen immer um das Verhalten während einer extremen Temperaturphase gehandelt hat, bietet sich nun eine Gegenüberstellung dieser extremen Temperaturen mit den real existierenden Temperaturen aus den Simulationen mit dem Wetterdatensatzes Try05 an.

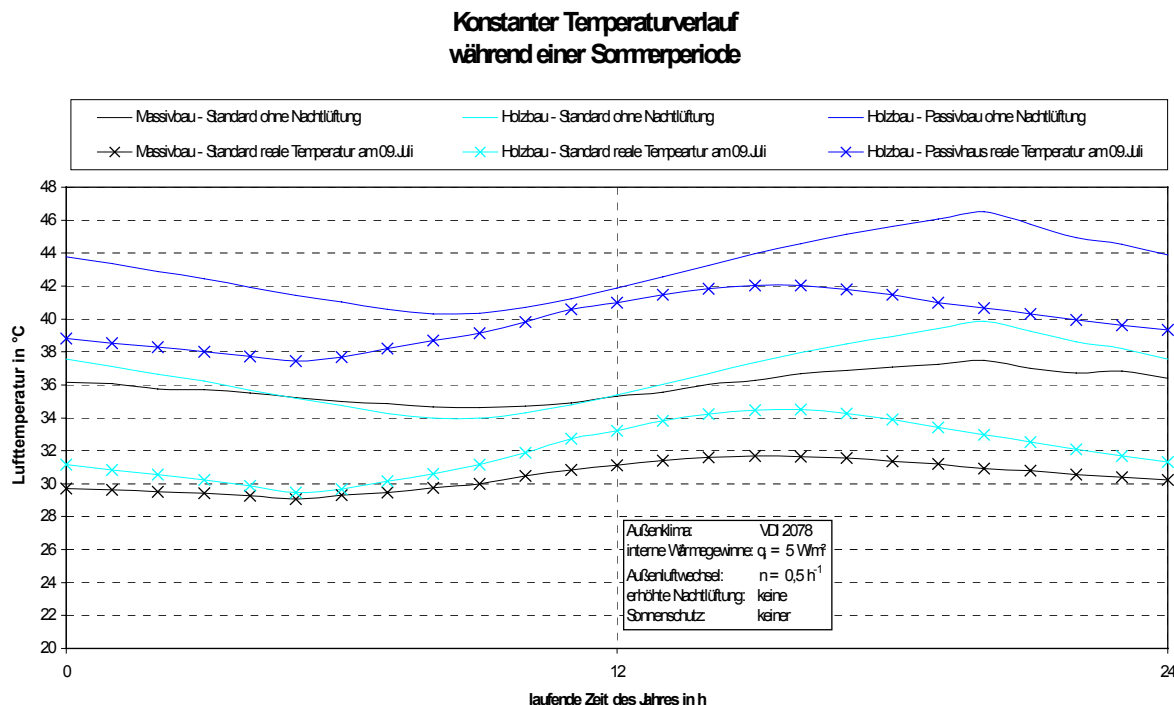


Diagramm 6-19 Gegenüberstellung von „worst case“ und „real case“ ohne Sonnenschutz

Diese Gegenüberstellung kann dem obigen Diagramm entnommen werden. Hier sind die Temperaturen des „worst case“ und des „real case“ ohne Sonnenschutz und ohne erhöhter Nachtlüftung dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass sich unter realen Wetterbedingungen zwar teilweise recht hohe Temperaturen (Holzbau – Passivhaus 42°C) ergeben, die aber alle weit unter denen der extrem Betrachtung liegen. Die Frage, die sich aufgrund des Diagramm 6-19 stellt lautet, ob diese Temperaturen zu akzeptieren sind oder wirken sie sich so stark aus, dass ein behagliches Raumklima nicht mehr erreicht werden kann?

So wie sie sich dort darstellen, kann man sie als nicht akzeptabel bezeichnen.

Geht man aber noch mal zurück in das Diagramm 6-14 auf der Seite 73 und vergleicht die Kurven mit denen aus dem obigen Diagramm, so lässt sich für den Holzbau – Passivhaus erkennen, dass sich mit dem Einsatz einer erhöhten Nachtlüftung und einem innenliegenden Sonnenschutz eine Senkung der Innenlufttemperaturen von über 47°C auf 36°C erreicht werden kann. Überträgt man diese Temperaturdifferenz von $\approx 11 \text{ K}$ nun auf die sich real einstellende Temperatur, sinkt diese von 42°C auf 31°C .

Der Holzbau – Standard und Massivbau – Standard bringen es bei gleichen Bedingungen auf eine Differenz von 5 K . Übernimmt man diese Temperatur und rechnet sie den realen Temperaturverlauf zu (Gutschrift), liegt die Temperatur für den Holzbau – Standard und den Massivbau – Standard dann bei 29°C bzw. 27°C .

Durch einen außenliegenden Sonnenschutz (Diagramm 6-17 Seite 76), der einen Verschattungsfaktor von $F_c = 0,3$ liefert, liegt die Temperaturdifferenz sogar bei 14 K .



Wie schon beschrieben ist es oft nicht möglich, das Raumlufthklima so aufrecht zu erhalten, dass es von allen Nutzern als optimal angesehen wird. Aus diesem Grund und aus wirtschaftlichen Erwägungen ist es daher ratsam, Abweichungen vom behaglichen (optimalen) Klima zuzulassen. Wichtig ist nur, dass das Klima in einem erträglichen Bereich bleibt.

Dieses erträgliche Klima umfasst die Klimazustände, bei denen zwar eine Minderung der Zufriedenheit zu erfahren ist, aber keine Gefährdung der Gesundheit.

Diese erträglichen Temperaturen sind zeitliche Mittelwerte über einen begrenzten Zeitraum, in der Regel über einen Tag. Besonders im Sommer, wenn durch starke Änderungen der Sonneneinstrahlung und der Außenlufttemperatur im Laufe des Tages von einem starken Ansteigen der Innenlufttemperatur ausgegangen werden kann.

Dennoch sollte sich die Raumlufthtemperatur während der Sommerzeit in einem Bereich von 26°C bis 28°C bewegen. Wie in dem Diagramm 6-2 auf Seite 64 zu sehen ist, lässt sich das mit allen Varianten, unter Berücksichtigung der durch Sonnenschutz und die erhöhte Nachtlüftung erzielten Temperaturdifferenzen, erreichen.



7. Zusammenfassung

7.1. Die Berechnungen und Simulationen für den Jahresheizwärmebedarf

In den Kapiteln 4 Seite 35 bis 6 Seite 60 wurden für das untersuchte Gebäude die Nachweise, Berechnung und Simulationen durchgeführt.

Der Dämmstandard der einzelnen Varianten ist bezüglich des Nachweis und Berechnungsverfahrens als ausreichend zu betrachten.

Die von der EnEV an das Gebäude gestellte Hauptanforderung für den Nachweis wird von allen Varianten schon mit dem vereinfachten Nachweisverfahren erfüllt. Wie der Tabelle 4-1 in Kapitel 4.3, Seite 42 zu entnehmen ist, wird der geforderte Primärenergiebedarf von $Q''_{P,max} = 117,78 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bei dem Einsatz einer Standardheizungsanlage mit einem $e_p = 1,38$ bei dem Holzbau – Standard ($Q''_h = 68,32 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) um 20% unterschritten. Für den Holzbau – Passivhaus kann sich sogar eine Unterschreitung von bis zu 61% einstellen, je nach Ansatz der Luftwechselrate.

Die Anforderungen an den 3-Liter-Haus und den Passiv – Haus Standard werden mit dem vereinfachten Berechnungsverfahren allerdings nicht erreicht. Die geforderten Werte von $Q''_h \leq 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bzw. $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ werden mit dem vereinfachten Nachweis auch mit einer bestandenen Luftdichtheitsprüfung um mehr als das doppelte überschritten.

Aus diesem Grund bietet sich eine Betrachtung nach dem Monatsbilanzverfahren unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Wärmebrückenzuschläge an. Die oben genannte Tabelle lässt ersehen, dass sich für den Holzbau – Standard durch die genauere Berechnung der monatlichen Verluste (Transmission und Lüftung) und Gewinne (interne und solare) eine weitere Verbesserung von ca. 38% erreichen lässt.

Unter Berücksichtigung des detaillierten Wärmebrückenzuschlages in Höhe von $\Delta H_{WB} 5,74 \text{ W/K}$ kann für den Holzbau – Passivhaus eine $Q''_h = 11,66 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erreicht werden. Das bedeutet eine Unterschreitung um $2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ gegenüber dem geforderten Jahresheizwärmebedarfs.

Für den Holzbau – 3-Liter-Haus werden die Bedingungen ganz knapp nicht erfüllt. Das liegt aber zum größten Teil an den zugrunde gelegten Randbedingungen. Für den Holzbau – Standard und Holzbau – 3 – Liter – Haus kommen Fenster mit einer 2-scheibigen Wärmeschutzverglasung zum Einsatz. Nach DIN V4108-4 sind für einen solchen Verglasungstyp ein U-Wert von $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem Gesamtenergiedurchlassgrad von $g = 0,5$ für das Nachweisverfahren anzusetzen. Würden für den Holzbau – 3-Liter-Haus, genau wie bei der Berechnung für den Holzbau – Passivhaus, die Werte für eine 3-scheibige Wärmeschutzverglasung ($g = 0,6$) angenommen, dann könnte die Anforderung an den Jahresheizwärmebedarf, wie beim Passivhaus, schon mit dem pauschalen Wärmebrückenzuschlag (MB-Verfahren) erreicht werden.

Nach dem öffentlich-rechtlichen Nachweis lässt sich also feststellen, dass alle Gebäudevarianten die an sie gestellten Anforderungen ($Q''_{P,max} \leq 117,78 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) schon mit dem Einsatz von sehr geringen Mitteln (WLG, Fenster, Heizungsanlage,...) erfüllen.

Die Frage, die sich für den Wohnungsbau stellt ist die, ob der öffentlich-rechtliche Ansatz für die Berechnung sinnvoll ist oder nicht!

Angesichts der Rechtssicherheit ist eine Berechnung nach dem Nachweisverfahren mit Sicherheit sehr sinnvoll. Durch das Nachweisverfahren wird sichergestellt, dass z.B. für die vereinfachte Berechnung die energetische Güte aller Wärmebrücken gemäß den Regelkonstruktionen nach DIN V 4108 Beiblatt 2 eingehalten wird.

Sind die für das Gebäude gewählten Konstruktionen nach der genannten Norm ausgebildet, darf für die Wärmebrücken der pauschale Wert von $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ angesetzt werden. Für die Berechnung nach dem vereinfachten Nachweisverfahren ist nur dieser Ansatz zulässig.

Dadurch lässt sich gewährleisten, dass die Wärmeverluste über die Wärmebrücken minimiert werden.



Für den Jahresheizwärmebedarf und damit für den Primärenergiebedarf sieht es aber schon ganz anders aus. Ziel ist es, auch mit der Einführung des Energiebedarfsausweises dem Bauherren einen Überblick über den voraussichtlichen Energieverbrauch seines Hauses zu geben.

Dies ist mit dem Nachweisverfahren nicht möglich, es dient einzig und allein der Sicherstellung, dass die Mindestanforderungen an ein Gebäude eingehalten werden.

Soll aus der Betrachtung des Gebäudes aber ein Überblick über das Verhalten, insbesondere den Verbrauch entstehen, reicht es nicht aus, die Berechnung mit Mindestanforderungen (Referenzklima, Luftwechsel, Fensterdaten,...) durchzuführen.

Aus diesem Grund habe ich die Varianten ein weiteres Mal nach dem Monatsbilanzverfahren berechnet. Bei dieser Berechnung sind allerdings die real vorhandenen Werte für die verschiedenen Randbedingungen des Gebäudes berücksichtigt worden.

Wichtig ist es dabei, eine möglichst genaue Aussage über das energetische Verhalten der einzelnen Varianten zu erhalten. Denn nur so hat der Bauherr später die Möglichkeit, die Berechnungen aus der Planungsphase zu überprüfen.

Da sich bei dieser Betrachtung auch ein Vergleich zwischen den konkurrierenden Bauweisen Holzbau und Massivbau gut durchführen lässt, wurde der Massivbau – Standard in die Berechnungen mit einbezogen.

Im Nachweisverfahren werden neben dem Wärmebrückenzuschlag, den Fensterdaten und den Temperaturkorrekturwerten unter anderem auch die Klimadaten vorgegeben. Die Klimadaten sind hierfür der DIN 4108-6 Tab D.5 (Referenzklima Deutschland) zu entnehmen. Bei dem Berechnungsverfahren habe ich zusätzlich noch, neben dem Referenzklima Deutschland, die Klimazonen 2 (Hamburg), 7 (Essen), 10 (Hof) und 13 (Freiburg) mit einbezogen.

Dies bietet neben dem Vergleich des Nachweis- gegenüber dem Berechnungsverfahren nach Referenzklima Deutschland auch noch die Möglichkeit zu vergleichen, ob sich der höhere Aufwand für die Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs nach den Klimazonen lohnt.

Zunächst einmal zum Vergleich der beiden Verfahren untereinander. Die verschiedenen Randbedingungen für die Berechnung ist den Kapiteln 4.1.1, Aufzählung 1.) Seite 36 und 5.1 Seite 53 zu entnehmen.

Es ist noch anzumerken, dass die Berechnung Standardausführungen nur noch für eine Luftwechselrate von $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$ vorgenommen wurde. Bei der Variante Passivhaus wird mit einer Luftwechselrate von $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$ gerechnet.

Bei diesem Vergleich stellte sich heraus, dass sich allein durch den vorher angesprochenen neuen Ansatz der Randbedingungen für den Holzbau ein Verbesserung des Jahresheizwärmebedarfs von ca. $2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ergibt (siehe Kapitel 5.2 Seite 55, vergleiche Kapitel 4.3, Tabelle 4-1 Seite 42). Für den Massivbau – Standard liegt der Jahresheizwärmebedarf bei $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, was einer Verbesserung von $5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (5%) gegenüber dem Holzbau – Standard ($35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) entspricht. Da sich diese Verbesserung nur aufgrund der höheren wärmewirksamen Speicherkapazität ergibt, steht der Holzbau – Standard nicht so schlecht, da wie es immer angenommen wird.

Es lässt sich also erkennen, dass sich kaum ein Unterschied zwischen dem Nachweis- und dem Berechnungsverfahren nach der Monatsbilanzberechnung ergibt.

All diese Berechnungen sind allerdings nur fiktive Werte. Wie in Kapitel 6.3, Seite 65 ff zu erkennen ist, ergibt sich bei der Simulation der Varianten ein vollkommen anderer Wert für den Jahresheizwärmebedarf.

In diesen Kapiteln wird für die Gebäude eine dynamische Gebäudesimulation durchgeführt. Diese Simulation war eigentlich dazu gedacht, den Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Jahresheizwärmebedarf zu ermitteln. Zwar lässt sich ein Einfluss erkennen, gerade was das Nutzerverhalten in Bezug auf die bevorzugte Höhe der Raumlufttemperatur angeht. Ein anderer - nicht erwarteter - Nebeneffekt waren die Ergebnisse, die die Simulation für den Jahresheizwärmebedarf ergeben haben.



Nach der Berechnung durch das Simulationsprogramm ergibt sich unter den von mir berücksichtigten Bedingungen ein sehr viel höherer Jahresheizwärmebedarf, als bei der Berechnung nach dem Monatsbilanzverfahren.



Da bei der Simulation nur die reinen Wandaufbauten berücksichtigt werden, ist für einen Vergleich der Jahresheizwärmebedarf des Monatsbilanzverfahrens ohne Berücksichtigung der Wärmebrücken zu verwenden.

Daraus ergibt sich für den Holzbau – Standard eine Erhöhung um $16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, für den Massivbau – Standard um $12 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und für den Holzbau – Passivhaus ein Wert von $9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Dies sind nicht gerade unerhebliche Verschlechterungen. Es ist aber auch zu erkennen, dass die Ergebnisse mit der Zunahme des Dämmstandards und der Speichermasse des Gebäudes immer weiter abnehmen.

Diese Zunahme des Jahresheizwärmebedarfs ist mit den stark vereinfachten Daten für die Strahlungsintensität und die Außenlufttemperaturen der DIN 4108-6 für das Referenzklima Deutschland zu erklären. Diese Vermutung hat sich zu Anfang der Diplomarbeit schon herauskristallisiert.

Der Vorteil an der Simulation ist die Berücksichtigung der tatsächlichen (realistischen) Klimadaten in den Testreferenzjahren.

Es wäre jetzt aber falsch, für alle Gebäude eine Simulationsrechnung vorzunehmen, nur um für den Nutzer eine Angabe über exakten Jahresheizwärmebedarf zu erarbeiten. Besser wäre es, eventuell im Rahmen einer Diplomarbeit, diese Erkenntnis noch einmal zu bearbeiten und eine Art Katalog auszuarbeiten, ähnlich einem Wärmebrückenkatalog. Es lässt sich mit Sicherheit eine Gesetzmäßigkeit für das Verhältnis zwischen der Berechnung nach Norm und der Gebäudesimulation erarbeiten.



7.2. Die Energieeinsparverordnung

Die Energieeinsparverordnung ist aus meiner Sicht die richtige Maßnahme zur Einsparung von Heizenergie in Deutschland. Durch die Einführung der EnEV wird es zu einer noch besseren Betrachtung des Gebäudes kommen, im Gegensatz zur WSchV 95. Vor allem die Einführung des Primärenergiekennwertes ermöglicht eine genauere und damit bessere Betrachtung der Zusammenhänge von Gebäude und Anlagentechnik. Es ergibt sich dadurch die Chance einer besseren Bewertung des für die Heizung und die Warmwasserbereitung insgesamt benötigten Energieaufwands. Dennoch darf nicht außeracht gelassen werden, dass durch die Anwendung von zwei verschiedenen Normen für den rechtlichen Nachweis nach Energieeinsparverordnung auch Probleme und Fehler in dieser Betrachtung enthalten sind.

Im rechtlichen Nachweis werden für die energetische Betrachtung eines Gebäudes die spezifischen Transmissionswärmeverluste (mittlerer U-Wert der Gebäudehülle einschließlich der bodenberührenden Bauteile) und der Primärenergiebedarf ermittelt. Für diese Ermittlung stehen die beiden Normen, DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10, zur Verfügung. Als Bindeglied zwischen diesen Normen dient der Jahresheizwärmebedarf.

Für die Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs, der den Transmissionswärmeverlust als Zwischenergebnis hat, steht zum einen das Monatsbilanzverfahren nach DIN V 4108-6 und das sicher als Standardberechnungsverfahren prädestinierte – weil kürzere - vereinfachte Verfahren nach EnEV Anhang 1 zur Verfügung. Die Ermittlung des Primärenergiebedarfs wird mittels der Primärenergieaufwandszahl (Anlagenaufwandszahl) durchgeführt.

Nach DIN V 4701-10 gibt es drei Möglichkeiten, die Primärenergieaufwandszahl zu ermitteln. Als erstes gibt es das graphische Verfahren. Aus verschiedenen Kurven für definierte Anlagenkonfigurationen der Warmwasserbereitung, Heizung und Lüftung kann die Aufwandszahl abgelesen werden. Zur Zeit stehen in der DIN 4701-10 sechs Standardanlagen zur Verfügung. Eine weitere Möglichkeit ist die Ermittlung durch das tabellarische Verfahren. Dieses Verfahren ist auch Grundlage dieser Arbeit. Hierzu wird die Anlagensituation des Gebäudes mit Hilfe des Anhang C der DIN 4701-10 über tabellierte Werte bestimmt. Die Werte in den Tabellen entsprechen dem heute üblichen Anlageniveau.

Die dritte und letzte Möglichkeit ist die genaue Berechnung der Anlagenaufwandszahl, hierfür müssen aber alle Einzelkennzahlen der verwendeten Anlagentechnik bekannt sein.

Durch die teilweise unterschiedlichen Ansätze bei den Randbedingungen kommt es zu teilweise zu optimistischen Annahmen über den Energiebedarf des Gebäudes.

Daher bieten sich nach der Ansicht verschiedener Institute und Organisationen folgende Gedankenansätzen ([28] bis [32]) an!

Negativ zu bewerten ist die Tatsache, dass sich der Gesetzgeber nicht zu einer Einführung eines Niedrigenergiestandards entschlossen hat. Gerade vor dem Hintergrund, dass die in der EnEV geforderten Werte für den Neubau von der überwiegenden Zahl der heute errichteten Gebäude schon unterschritten wird. Dies hätte auch dazu geführt, dass sich auf lange Sicht eine weitere Verbesserung der neugebauten Gebäude auf einen Passivhaus – Standard eingestellt hätte. Denn bekanntlich sind neue Normen und Richtlinien durch ihre lange Bearbeitungszeit nicht mehr auf dem Stand der Technik. Differenziert ist auch die schon in der WSchV 95 verwendete fiktive „Gebäudenutzfläche A_N “ ($0,32 \cdot V_e$). Besser wäre eine Betrachtung bezogen auf das Gebäudevolumen V_e , da sich damit eine viel genauere und aussagekräftigere Bewertung des Gebäudes vornehmen ließe. Das Ersetzen dieses fiktive Wertes durch die in der Wohnungswirtschaft üblichen und für den Gebäudebestand bekannten Wohnfläche nach II. BV bzw. der Nutzfläche nach DIN 277, würde auch zu einer besseren Überprüfbarkeit der Energiekennwerte des Energiebedarfsausweises durch den Nutzer führen.



Ein weiteres negatives Kriterium der Energieeinsparverordnung ist der realitätsferne Ansatz der Randbedingungen.

Wie in Kapitel 6.4 Seite 67 schon beschrieben, wird im Mietrecht von einer Beheizung der Räume auf mindestens 20°C statt 19°C ausgegangen. Auch haben Untersuchungen in der Praxis ergeben, dass die mittlere Raumlufthtemperatur bei Neubauten bei 20°C liegen, und das, obwohl die heute vergleichsweise hohen Oberflächentemperaturen eine niedrigere Innenlufttemperatur zulassen würden – Ohne Einbußen bei der Behaglichkeit. Der Grund hierfür ist zum einem in dem gestiegenen Komfortbedürfnissen der Nutzer zu sehen, zum anderen aber auch an der geringen Wirksamkeit von räumlich und zeitlich eingeschränkter Beheizung bei besserem Wärmeschutz.

Auch sollte der Ansatz der internen Wärmegewinne von 5 W/m² nach [5] kritisch betrachtet werden. Legt man die Annahmen von Dr. Feist den Berechnungen für die internen Gewinne zugrunde wäre ein Wert von 3 W/m² anzusetzen. Dr. Feist geht in seiner Berechnung davon aus, dass auch Verluste durch Verdunstung und Kaltwasserablauf berücksichtigt werden sollten und dass nicht die gesamte Wärmeabgabe der Elektrogeräte im beheizten Bereich zur Verfügung steht. Durch die Berücksichtigung der internen Wärmegewinne mit 5 W/m² wird, laut Dr. Feist, der Heizwärmebedarf um 10 kWh/m²a zu niedrig berechnet (vgl. Feist 1994 und EPHW 1997).

Drittens wäre da noch der Abminderungsfaktor für die Verschattung. In der EnEV wird im Nachweisverfahren auch von einer verschattungsfreien Lage des Gebäudes ausgegangen. Heutige Baugebiete sind aber nicht verschattungsfrei, aufgrund der dichten Besiedlung. Dadurch ergibt sich im günstigsten Fall eine Abminderung von 20%, in der Stadt ist eher mit 50 % zurechnen. Ein weiterer Punkt, der in der DIN 4108-6 nicht berücksichtigt wird, ist die Verschmutzung, die nach DIN 5034 Teil 3 einen Minderungseffekt von bis zu 10% ergibt.



7.3. Verbesserungen für den Holzbau

Wie in der Arbeit zu sehen ist, stellt sich nicht die Frage, ob der Massivbau besser als der Holzbau ist. Aus meiner Betrachtung ist diese Frage eher philosophisch zu betrachten. Es gibt in diesem Zusammenhang kein besser oder schlechter, sondern nur ein „mag ich oder mag ich nicht“.

Bei vielen Bauherren und auch Fachleuten hält sich die Meinung „Holzbau = Barackenklima“, diese Ansicht stammt noch aus der Anfangszeit des Holzbau und wird mit dem schnellen Aufheizen des Holzbaus während einer extremen Sommerperiode begründet.

Die Aussage als solches ist auch richtig, aber genauso ist es richtig, dass der Holzbau sich auch schneller wieder abkühlt als der Massivbau (siehe Diagramm 6-18 Seite 76), sich im Holzbau also viel schneller wieder angenehme Temperaturbereiche einstellen.

Dennoch möchte ich an dieser Stelle ein paar Vorschläge zur Verbesserung des Holzbaus machen. Nicht weil er es nötig hat, sondern um ihn eventuell noch besser zu machen.

Nehmen wir als ersten die fehlende Speichermasse des Holzbaus. Es ist nicht abzustreiten, dass der Holzbau, aufgrund seiner leichten Bauweise, über eine sehr viel geringere Speicherfähigkeit verfügt, als der Massivbau. Diese Eigenschaft wird auch noch durch die für die Verminderung der Wärmebrücken notwendige außenseitige Anbringung der Wärmedämmung zusätzlich beeinträchtigt.

In der Norm wird diese Eigenschaft in starkem Maße über den Wert C_{wirk} berücksichtigt (leichte Bauweise $C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$; schwere Bauweise $C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$). Das bedeutet, dass sich die positive Eigenschaft des raschen Abkühlens in der Sommerperiode, in der Heizperiode zum Nachteil entwickelt (siehe Kapitel 6.3 ff, ab Seite 65).

Es gilt also, eine Möglichkeit zu finden, wie dieser Effekt minimiert werden kann.

Hierzu gibt es zur Zeit ein Forschungsprojekt am Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme ISE in Freiburg.

Bei dem Projekt handelt es sich um ein neues mikroverkapseltes Phasenwechselmaterial, das es ermöglicht, Leichtbauwände mit dem Komfort von Massivwänden auszustatten. Zu diesem Zweck wird mikroverkapseltes Paraffin in den Baustoff eingebracht, z.B. Innenputze oder Trockenbauplatten.

Ziel ist es, den Phasenwechsel des Waxes als Wärmespeicher zu nutzen. Wenn Wachs schmilzt, wird die Temperatur bei der Aufnahme der Energie nicht erhöht, sondern hauptsächlich dazu genutzt, um die Bindung der Wachsmoleküle untereinander zu lösen. Die Energie wird dann latent im flüssigen Wachs gespeichert und erst beim Abkühlen wieder als Wärme zur Verfügung gestellt. Der Wärmespeicher Wachs arbeitet hierbei mit dem Phasenwechsel zwischen fest und flüssig. Die Materialien werden daher auch PCM vom englischen Phase Change Materials genannt.

Das Fraunhofer Institut hat nun eine Möglichkeit gefunden, den Temperaturbereich des PCM bei der Produktion zwischen -10°C und $+80^\circ\text{C}$ einzustellen.

Auf Nachfrage beim Fraunhofer Institut wurde mir mitgeteilt, dass das Material schon erfolgreich in Putzen für den Innenbereich eingesetzt wurde, es aber noch zu Problem bei der Herstellung von Gipskarton-/Gipsfaserplatten komme. Es wird noch nach Möglichkeiten gesucht, den Einfluss von Produktionsabläufen (pressen, erhitzen,...) auf PCM zu beseitigen.

Eine 3 cm dicke Wand soll dann den gleichen Wärmespeicherkomfort wie eine 40 cm starke Betonwand besitzen.

Das würde für den Holzbau eine sehr entscheidende Verbesserung bedeuten, da sich mit einer 12,5 mm starken PCM – Leichtbauplatte aus Gips ungefähr die gleiche Speichermasse wie bei einer 24cm dicken Kalksandstein-Wand erreichen lässt, aber mit den Vorteilen des Holzbaus (trockene Bauweise, schnellere Montage,...).

Diese und weitere Informationen können der im Anhang XII beigefügten Presseinformation vom Fraunhofer Institut entnommen werden.

Da es sich bei diesem PCM noch um ein Forschungsprojekt handelt, bietet sich als weitere Möglichkeit eine Schüttung mit einer hohen Rohdichte in den Innenwänden, oder eine Kombination aus Holz- und



Massivbau in Form von massiven Fertigteilen für die Innenwände im Erdgeschossbereich und Holztafelbauwänden im Außenwandbereich.



Als letzte Verbesserungen möchte ich noch auf die Möglichkeit des Sonnenschutzes in der Sommerperiode durch Verschattungsmaßnahme eingehen.

Hierzu erst einmal ein kurzer Überblick, welche Anforderungen an die Sonnenschutzvorrichtungen gestellt werden. Durch den Sonnenschutz sollen unangenehme Raumerwärmungen verhütet und die Blendung durch die Sonne verhindert werden. Gleichzeitig soll sich außerhalb der Sommerperiode der Sonnenschutz nicht negativ auf die Wärmegewinne für den Jahresheizwärmebedarf auswirken. Weitere Anforderungen sind, dass der Tageslichteinfall und natürlich die Ausblicksmöglichkeiten nicht eingeschränkt werden sollen.

Vorweg, eine Sonnenschutzvorrichtung erfüllt alle diese Anforderungen.

Da ist zum Beispiel der Dachüberstand des Gebäudes, er bietet einen uneingeschränkten Tageslichteinfall und die Ausblicksmöglichkeiten werden durch ihn auch nicht eingeschränkt. Nachteilig ist, dass er, wie alle starren Verschattung nur auf der Südseite im Hochsommer einen vollen Sonnenschutz gewährleistet und das auch nur für das obere Geschoss und dadurch immer einer Ergänzung durch bewegliche Vorrichtungen bedarf. Eine größer Auslegung hätte also nur einen eingeschränkten Nutzen für den Sonnenschutz.

Bewegliche Vorrichtungen, ob innenliegend oder außenliegend, müssen bedient und gewartet werden. Sie schränken bei geschlossenem Zustand den Ausblick und den Tageslichteinfall sehr stark ein. Für den Tageslichteinfall ergibt sich allerdings die Möglichkeit, Lamellen mit reflektierender Wirkung einzusetzen, so dass das Tageslicht in den Raum gelangen kann.

Der Einsatz von Sonnenschutzverglasung reduziert das ganze Jahr den Tageslichteinfall und die Strahlungswirkung der Sonne, so dass sich daraus eine Einschränkung der solaren Wärmegewinne ergibt. Aufgrund der sehr hohen Kosten für diese Art der Verglasung, denke ich ist sie für den Wohnungsbau auch nicht geeignet.

Aus den genannten Gründen müssen daher stets die Vor- und Nachteile gegeneinander abgewägt werden.

Zum heutigen Zeitpunkt und das wird aus meiner Arbeit ersichtlich, ist der außenliegende Sonnenschutz in Verbindung mit einer erhöhten Nachtlüftung, für den Holzbau die am besten geeignete Maßnahme, um im Sommer eine angenehme Raumlufttemperatur und im Winter einen möglichst großen solaren Wärmegewinn zu gewährleisten und so den Jahreheizwärmebedarf so gering wie möglich zu halten.

Aus diesen Ansätzen könnte sich auch eine weitere Diplomarbeit ergeben. In ihr könnte eine Wirtschaftlichkeitsberechnung hinsichtlich des Kosten/Nutzen – Verhältnisses des eingesetzten Dämmstandards, der Heizungsauslegung, des Mehraufwandes für Verschattungsmaßnahmen,... untersucht werden. Dies würde dem Planer eine Abschätzung der entstehenden Einsparungen (Gewinn) ermöglichen und für den Bauherren könnte daraus die Möglichkeit entstehen, eine Amortisierung der Kosten des Gebäudes abzuschätzen und sich dann eventuell für ein Passivhaus zu entscheiden.



8. Quellenverzeichnis:

Normen/Richtlinien:

- [1] EnEG – Energieeinsparungsgesetz; (BGBl I S.1873), 22. Juli 1979
- [2] EnEV – Energieeinsparverordnung, Referentenentwurf vom 07.März 2001
- [3] DIN 4108 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden“
DIN 4108-2 „Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“, März 2001
- [4] DIN V 4108-4 „Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte“, Oktober 1998
- [5] DIN V 4108-6 „Berechnung des Jahresheizwärme- und des
Jahresheizenergiebedarfs“, Nov. 2000
- [6] DIN 4108-20 „Thermisches Verhalten von Gebäuden“, Juli 1995
- [7] Bbl 2 zu DIN 4108 „Wärmebrücken“, August 1998
- [8] DIN 4701-1 „Grundlagen der Berechnung“, März 1983
- [9] DIN V 4701-10 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen
„Heizungen, Trinkwassererwärmung, Lüftungen“, Februar 2001
- [10] DIN EN 832 Berechnung des Heizenergiebedarfs
„Wohngebäude“, Dezember 1998
- [11] DIN EN 6946 Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
„Berechnungsverfahren“, November 1996
- [12] DIN EN ISO 10077-1 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten
„Vereinfachtes Verfahren, Fenster, Türen und Anschlüsse“, November
2000
- [13] DIN EN ISO 10211-2 Wärmebrücken im Hochbau
„Linienförmige Wärmebrücken“, August 2001
- [14] DIN EN ISO 13370 Wärmeübertragung über das Erdreich
„Berechnungsverfahren“, Dezember 1998
- [15] DIN EN ISO 14683 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient
„Vereinfachtes Verfahren und Anhaltswerte“, September 1999
- [16] VDI 2071 „Wärmerückgewinnung in raumluftechnischen Anlagen“, Dezember
1997



[17] VDI 2078

„Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude“



Literatur:

- [18] Vorlesungsskript zur Bauphysik der Fachhochschule Hildesheim
„Wärmeschutz“, SS 2001, Prof. Dr.-Ing. H.-P. Leimer
- [19] Vorlesungsskript zur Bauphysik der Fachhochschule Hildesheim
„EnEV – Energieeinsparverordnung“, SS 2001, Prof. Dr.-Ing. H.-P. Leimer
- [20] Lehrbuch der Bauphysik 4. Auflage
Lutz/Jenisch/Klopfer/Freymuth/Krampf/Petzold,
Teubner Verlag, 1997
- [21] Schneider Bautabellen 14.Auflage
Werner Verlag, 2001
- [22] Der Energie-Berater
Karl Heinrich Maier, Köln 2001
Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst GmbH, Köln
- [23] Der Heizungingenieur Band 3
- [24] Vermieterlexikon 6. Auflage
Stütze/Koch
- [25] Pressebericht Nr. 05/01
vom 14.Mai 2001
Fraunhofer Institut für
Solare Energiesysteme ISE
Heidenhofstr. 2
79110 Freiburg

PC – Programme:

- [26] Excel – Datenblatt „Nachweis der Anforderungen zur Energieeinsparverordnung
(Vereinfachtes Verfahren)
- [27] HEAT 2D „Programm zur 2 dimensionalen Wärmebrückenberechnung“
- [28] Trnsys 15 „Gebäudesimulationsprogramm“

Internet:

- [29] www.tww.de
- [30] www.enev-online.de
- [31] www.bauphysik.fh-hildesheim.de
- [32] www.passivhaus-institut.de
- [33] www.iwu.de



9. Diagramme der durchgeführten Berechnungen



















































Für Anja

Danke für deine Geduld.



**Fachhochschule
Hildesheim/Holzminden/Göttingen**
Fachhochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst

Anhang
zur
Diplomarbeit
WS 2001/2002

Arne Bretschneider

Mat.-Nr.: 244769

- 1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer**
- 2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Alfred Breukelman**

Diplomthema:

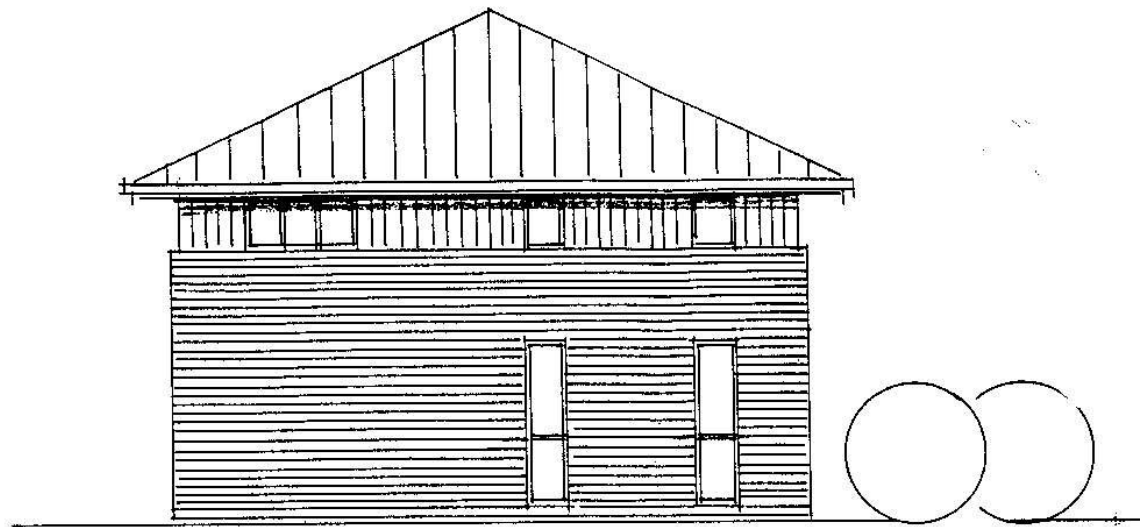
**Berechnungen zum energiesparenden Wärmeschutz
unter Zuhilfenahme verschiedener Berechnungsmodelle
und einer thermisch-energetischen Gebäudesimulation**

**Studiengang: Bauingenieurwesen
Fachrichtung: Holzingenieurwesen**

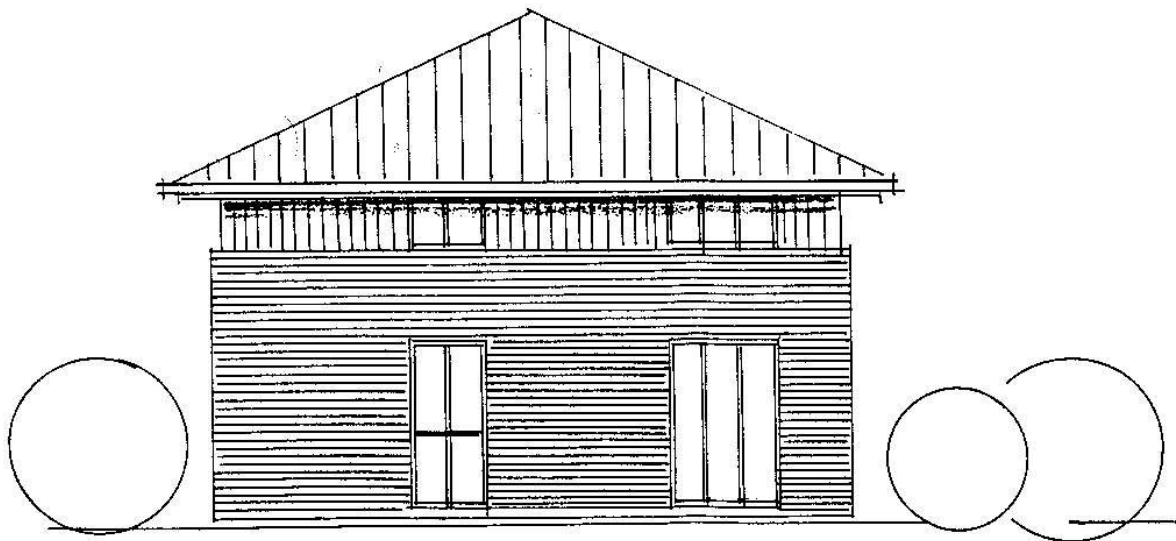


Pläne Stadtvilla

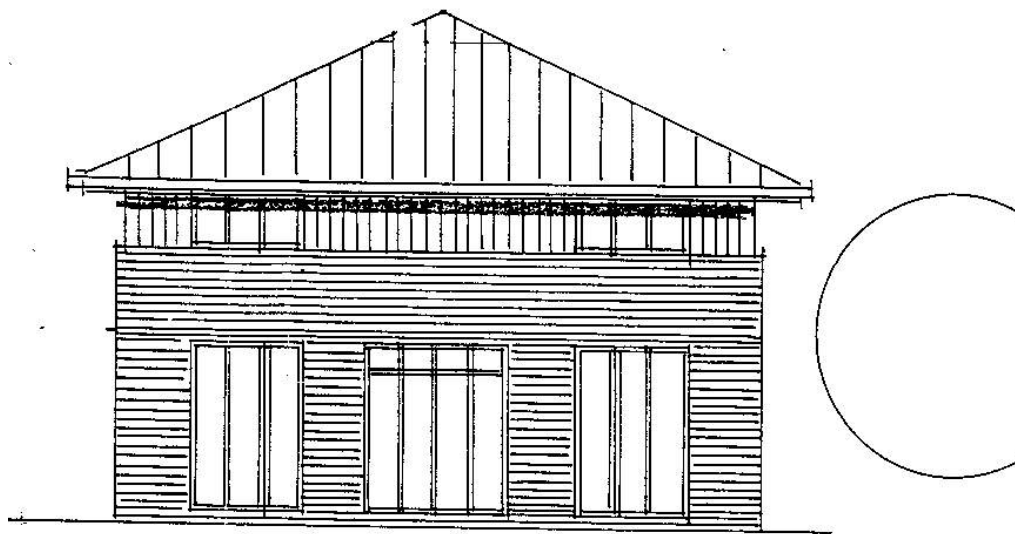
(Ansichten, Grundrisse)



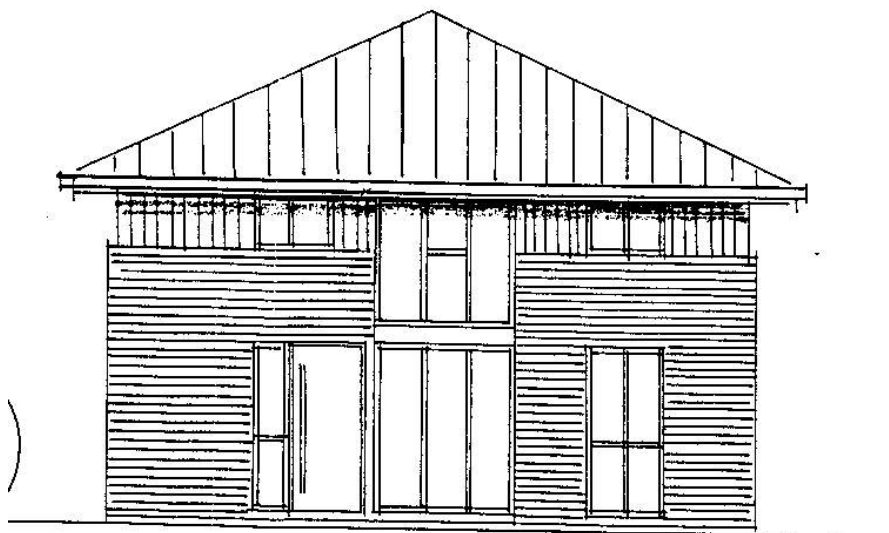
WESTEN



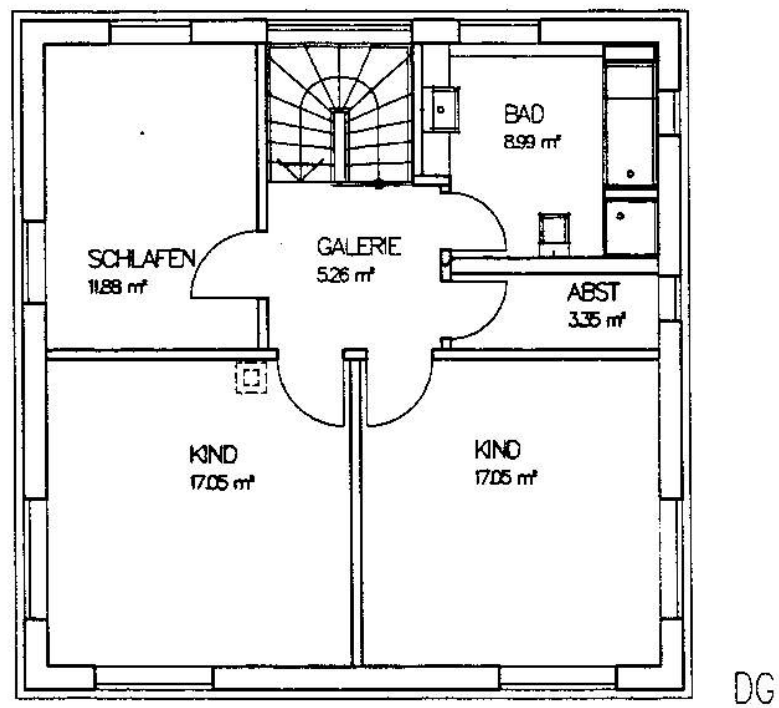
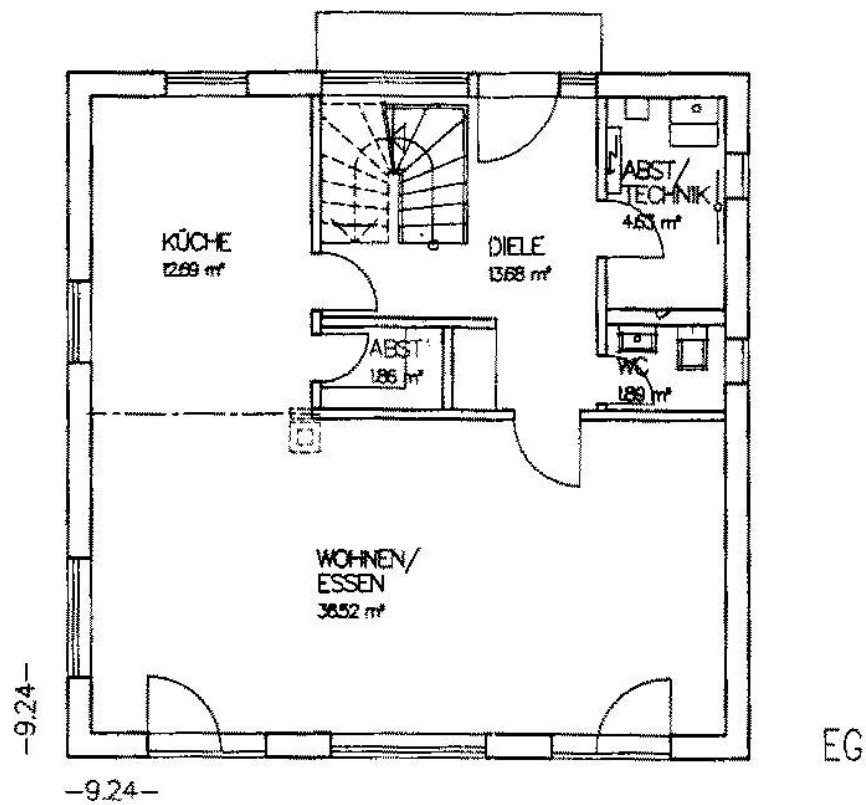
OSTEN



NORDEN



SÜDEN





I. Berechnung der wärmeübertragenden Umfassungsflächen



I. Berechnung der wärmeübertragenden Umfassungsflächen

Wandtyp:	AW1	Orientierung: Norden			
	Anzahl	Breite	Höhe		Σ Netto
					<u>16,81</u> m ²
	1 x	9,24 x	2,80 =	25,87	
	x	x	=	-	
				Σ Brutto =	25,87 m ²
					Gefach = 14
					Rippe = 3

Fenster:					
	1 x	1,61 x	2,44 =	3,92	
	1 x	2,11 x	2,44 =	5,14	
	0 x	0,00 x	0,00 =	-	
	0 x	0,00 x	0,00 =	-	
				Σ Brutto =	9,06 m ²

Wandtyp:	AW1	Orientierung: Süden			
	Anzahl	Breite	Höhe		Σ Netto
					<u>14,42</u> m ²
	1 x	9,24 x	2,80 =	25,87	
	x	x	=	-	
				Σ Brutto =	25,87 m ²
					Gefach = 12
					Rippe = 2

Fenster:					
	1 x	1,11 x	2,44 =	2,70	
	1 x	1,99 x	2,44 =	4,83	
	1 x	1,61 x	2,44 =	3,92	
	x	x	=	-	
				Σ Brutto =	11,46 m ²

Wandtyp:	AW1	Orientierung: Osten			
	Anzahl	Breite	Höhe		Σ Netto
					<u>20,47</u> m ²
	1 x	9,24 x	2,80 =	25,87	
	x	x	=	-	
				Σ Brutto =	25,87 m ²
					Gefach = 17
					Rippe = 3

Fenster:					
	2 x	1,11 x	2,44 =	5,41	
	x	x	=	-	
				Σ Brutto =	5,41 m ²

Wandtyp:	AW1	Orientierung: Westen			
	Anzahl	Breite	Höhe		Σ Netto
					<u>22,90</u> m ²
	1 x	9,24 x	2,80 =	25,87	
	x	x	=	-	
				Σ Brutto =	25,87 m ²
					Gefach = 19
					Rippe = 3

Fenster:					
	2 x	0,61 x	2,44 =	2,97	
	0 x	0,00 x	0,00 =	-	
				Σ Brutto =	2,97 m ²



Wandtyp:	AW2			Orientierung:	Norden	
	Anzahl	Breite	Höhe			Σ Netto
						<u>10,81</u> m ²
	1 x	9,24 x	1,17 =	10,81		
	x	x	=	-		Gefach = 9
			Σ Brutto =	10,81 m ²		Rippe = 2

Fenster:	0 x	0,00 x	0,00 =	-	
			Σ Brutto =	0,00 m ²	

Wandtyp:	AW2			Orientierung:	Süden	
	Anzahl	Breite	Höhe			Σ Netto
						<u>8,49</u> m ²
	1 x	9,24 x	1,17 =	10,81		
	x	x	=	-		Gefach = 7
			Σ Brutto =	10,81 m ²		Rippe = 1

Fenster:	1 x	1,99 x	1,17 =	2,32	
			Σ Brutto =	2,32 m ²	

Wandtyp:	AW2			Orientierung:	Osten	
	Anzahl	Breite	Höhe			Σ Netto
						<u>10,81</u> m ²
	1 x	9,24 x	1,17 =	10,81		
	x	x	=	-		Gefach = 9
			Σ Brutto =	10,81 m ²		Rippe = 2

Fenster:	0 x	0,00 x	0,00 =	-	
			Σ Brutto =	0,00 m ²	

Wandtyp:	AW2			Orientierung:	Westen	
	Anzahl	Breite	Höhe			Σ Netto
						<u>10,81</u> m ²
	1 x	9,24 x	1,17 =	10,81		
	x	x	=	-		Gefach = 9
			Σ Brutto =	10,81 m ²		Rippe = 2

Fenster:	0 x	0,00 x	0,00 =	-	
			Σ Brutto =	0,00 m ²	



Wandtyp:	AW3			Orientierung:	Norden	
	Anzahl	Breite	Höhe			Σ Netto
						<u>6,38</u> m ²
	1 x	9,24 x	1,06 =	9,79		
	x	x	=	-		
			Σ Brutto =	9,79 m ²		Gefach = 5
						Rippe = 1

Fenster:						
	2 x	1,61 x	1,06 =	3,41		
	0 x	0,00 x	0,00 =	-		
			Σ Brutto =	3,41 m ²		

Wandtyp:	AW3			Orientierung:	Süden	
	Anzahl	Breite	Höhe			Σ Netto
						<u>5,34</u> m ²
	1 x	9,24 x	1,06 =	9,79		
	x	x	=	-		
			Σ Brutto =	9,79 m ²		Gefach = 5
						Rippe = 1

Fenster:						
	2 x	1,11 x	1,06 =	2,35		
	1 x	1,99 x	1,06 =	2,10		
			Σ Brutto =	4,46 m ²		

Wandtyp:	AW3			Orientierung:	Osten	
	Anzahl	Breite	Höhe			Σ Netto
						<u>7,44</u> m ²
	1 x	9,24 x	1,06 =	9,79		
	x	x	=	-		
			Σ Brutto =	9,79 m ²		Gefach = 6
						Rippe = 1

Fenster:						
	2 x	1,11 x	1,06 =	2,35		
	0 x	0,00 x	0,00 =	-		
			Σ Brutto =	2,35 m ²		

Wandtyp:	AW3			Orientierung:	Westen	
	Anzahl	Breite	Höhe			Σ Netto
						<u>6,79</u> m ²
	1 x	9,24 x	1,06 =	9,79		
	x	x	=	-		
			Σ Brutto =	9,79 m ²		Gefach = 6
						Rippe = 1

Fenster:						
	2 x	0,61 x	1,06 =	1,29		
	1 x	1,61 x	1,06 =	1,71		
	x	x	=	-		
			Σ Brutto =	3,00 m ²		



Wandtyp.	Sohle				
	Anzahl	Breite	Höhe		
	1 x	9,24 x	9,24 =	85,38	
	x	x	=	-	
	Σ Brutto =			85,38 m ²	

Wandtyp:	Dach				
	Anzahl	Breite	Höhe		Σ Netto
					92,40
	4 x	9,24 x	2,50 =	92,40	
	x	x	=	-	
	Σ Brutto =			92,40 m ²	
					Gefach = 79
					Rippe = 14

Volumen:

$$85,38 \cdot (2,80 + 1,17 + 1,06) + 85,38 \cdot 1,9/3 = 483,53 \text{ m}^3$$

Gesamtflächen:

Aussenwand:

AW1	=	74,60	
AW2	=	40,92	
AW3	=	<u>25,95</u>	
Σ AW	=	141,47	m ²

Fenster:

Norden	W_N	=	12,47	
Süden	W_S	=	18,24	
Osten	W_O	=	7,76	
Westen	W_W	=	5,97	
Σ W		=	44,44	m ²
Sohle		=	85,38	m ²
Dach		=	92,40	m ²
			<u>363,69</u>	m ²

$$A/V - \text{Verhältnis:} = 363,69 / 483,53 = 0,752 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{Gebäudenutzfläche: } A_N = 154,73$$



II. Bauteilaufbau Variante A (Standardhaus)



II. Bauteilaufbau Variante A (Standardhaus)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946 Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: AW1 - Außenwand

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Flächen- masse kg/m ²	Wärmeleit- fähigkeit W/(mK)	Wärmedurchlass- widerstand	
					Rippe m ² K/W	Gefach m ² K/W
Gipskarton	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Dampfsperre						
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Holzstiel	200	600	120	0,13	1,54	
Wärmedämmung WLG 040	200	8	2	0,04		5,00
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Polystyrol-Hartschaum	40	15	1	0,04	1,00	1,00
Vorsatzschale aus Klinker	15	2000	30	0,96	0,02	0,02

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	76
Flächenanteil	[%]	15 85

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	2,79	6,25
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,13	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,04	0,04

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	5,46
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	5,16
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	[m ² K/W]	5,31
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	5,14

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,19
-----------------------------------	-----------------------------	-------------

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,75
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,00

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: AW2 - Außenwand

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Flächen- masse kg/m ²	Wärmeleit- fähigkeit W/(mK)	Wärmedurchlass- widerstand	
					Rippe m ² K/W	Gefach m ² K/W
Gipskarton	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Dampfsperre						
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Holzstiel	200	600	120	0,13	1,54	
mineralische Wärmedämmung WLG 040	200	8	2	0,04		5,00
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Mineralfaserdämmung	100	8	1	0,04	2,50	2,50
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Polystyrol-Hartschaum	40	15	1	0,04	1,00	1,00
Vorsatzschale aus Klinker	15	2000	30	0,96	0,02	0,02

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	86		
Flächenanteil	[%]	15	85	

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	5,39	8,85
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,13	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,04	0,04

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	8,25
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	7,76
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	[m ² K/W]	8,01
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	7,84

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,12
-----------------------------------	-----------------------------	-------------

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,75
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,00

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



**Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108**

Bauteil: AW3 - Außenwand

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Flächen- masse kg/m ²	Wärmeleit- fähigkeit W/(mK)	Wärmedurchlass- widerstand	
					Rippe m ² K/W	Gefach m ² K/W
Gipskarton	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Dampfsperre						
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Holzstiel	200	600	120	0,13	1,54	
mineralische Wärmedämmung WLG 040	200	8	2	0,04		5,00
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Mineralfaserdämmung	40	8	0	0,04	1,00	1,00
Hinterlüftung (schwach belüftet)	20				0,09	0,09
Vorsatzschale aus Holz	21				0,15	0,15

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	46		
Flächenanteil	[%]	15	85	

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	3,01	6,48
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,13	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,04	0,04

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	5,71
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	5,38
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	[m ² K/W]	5,55
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	5,38

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,18
-----------------------------------	-----------------------------	-------------

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,75
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,00

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



**Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108**

Bauteil: D1 - Steildach

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Flächen- masse kg/m ²	Wärmeleit- fähigkeit W/(mK)	Wärmedurchlass- widerstand	
					Rippe m ² K/W	Gefach m ² K/W
Gipskarton	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Luftschicht	40				0,16	0,16
Dampfsperre						
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Holzstiel	200	600	120	0,13	1,54	
mineralische Wärmedämmung	200	8	2	0,04		5,00
diffusionsoffene Unterspannbahn						
Konterlattung						
Dachlattung						
Dacheindeckung						

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	37		
Flächenanteil	[%]	15	85	

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	1,83	5,30	
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,10	0,10	
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,04	0,04	

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	4,30		
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	4,17		
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	[m ² K/W]	4,24		
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	4,10		

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,24		
-----------------------------------	-----------------------------	-------------	--	--

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach				
nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,75		
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel				
nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,00		

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946 Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: G1 - Bodenplatte auf Erdreich

Bauteilschichten von oben nach unten	Dicke	Rohdichte	Flächen- masse	Wärmeleit- fähigkeit	Wärme- durchlass- widerstand
	mm	kg/m ³	kg/m ²	W/(mK)	m ² K/W
Zementestrich	50	2000	100	1,400	0,04
Abdeckung (z. B. 0,2 mm PE-Folie)					
Wärme- und Trittschalldämmung	120			0,040	3,00
Abdichtung gegen Bodenfeuchte					
Bodenplatte aus Beton	160	2400	384		

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	484
---------------------------	----------------------	-----

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	3,04
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,00

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,31
-----------------------------------	-----------------------------	-------------

vorh. Wärmedurchlasswiderstand des Bauteiles im Mittel	[m ² K/W]	3,04
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2 Tabelle 1	[m ² K/W]	0,90

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 10077-1
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: W1 - Fenster

Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung nach Bundesanzeiger (BAZ)	U_g in $W/(m^2K)$	1,2
Rahmenmaterial: Wärmedurchgangskoeffizient nach Prüfzeugnis	Holz oder Kunststoff U_f in $W/(m^2K)$	2,0
durchschnittlicher Rahmenanteil	in %	30
linearer Wärmedurchgangskoeffizient für den Einfluss des Randverbundes nach DIN EN ISO 10077-1	Ψ_g in $W/(mK)$	0,06
durchschnittliche Fläche der Verglasung pro Fenstereinheit	A_g in m^2	1,7
durchschnittlicher Gesamtumfang der Verglasung pro Fenstereinheit	l_g in m	7,5
Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters	U_w in $W/(m^2K)$	1,6
Gesamtenergiedurchlassgrad nach Bundesanzeiger (BAZ)	g	0,50

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



III. Bauteilaufbau

Variante B (3-Liter-Haus)



III. Bauteilaufbau Variante B (3-Liter-Haus)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946 Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: AW1 - Außenwand

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Flächen- masse kg/m ²	Wärmeleit- fähigkeit W/(mK)	Wärmedurchlass- widerstand	
					Rippe m ² K/W	Gefach m ² K/W
Gipskarton	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Dampfsperre						
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Holzstiel	200	600	120	0,13	1,54	
Wärmedämmung WLG 040	200	8	2	0,04		5,00
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Polystyrol-Hartschaum	70	15	1	0,035	2,00	2,00
Vorsatzschale aus Klinker	15	2000	30	0,96	0,02	0,02

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	78		
Flächenanteil	[%]	16	84	

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	3,79	7,25
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,13	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,04	0,04

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	6,51
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	6,10
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	[m ² K/W]	6,30
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	6,13

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,16
-----------------------------------	-----------------------------	-------------

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,75
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,00

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



**Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108**

Bauteil: AW2 - Außenwand

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Flächen- masse kg/m ²	Wärmeleit- fähigkeit W/(mK)	Wärmedurchlass- widerstand	
					Rippe m ² K/W	Gefach m ² K/W
Gipskarton	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Dampfsperre						
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Holzstiel	200	600	120	0,13	1,54	
mineralische Wärmedämmung WLG 040	200	8	2	0,04		5,00
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Mineralfaserdämmung	100	8	1	0,04	2,50	2,50
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Polystyrol-Hartschaum	70	15	1	0,035	2,00	2,00
Vorsatzschale aus Klinker	15	2000	30	0,96	0,02	0,02

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	88		
Flächenanteil	[%]	16	84	

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	6,39	9,85	
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,13	0,13	
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,04	0,04	

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	9,24		
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	8,70		
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	[m ² K/W]	8,97		
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	8,80		

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,11		
-----------------------------------	-----------------------------	-------------	--	--

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach				
nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,75		
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel				
nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,00		

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



**Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108**

Bauteil: AW3 - Außenwand

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Flächen- masse kg/m ²	Wärmeleit- fähigkeit W/(mK)	Wärmedurchlass- widerstand	
					Rippe m ² K/W	Gefach m ² K/W
Gipskarton	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Dampfsperre						
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Holzstiel	200	600	120	0,13	1,54	
mineralische Wärmedämmung WLG 040	200	8	2	0,04		5,00
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Mineralfaserdämmung	40	8	0	0,04	1,00	1,00
Hinterlüftung (schwach belüftet)	20				0,09	0,09
Vorsatzschale aus Holz	21				0,15	0,15

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	52		
Flächenanteil	[%]	20	80	

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	3,01	6,48
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,13	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,04	0,04

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	5,46
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	5,09
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	[m ² K/W]	5,28
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	5,11

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,19
-----------------------------------	-----------------------------	-------------

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,75
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,00

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



**Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108**

Bauteil: D1 - Steildach

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Flächen- masse kg/m ²	Wärmeleit- fähigkeit W/(mK)	Wärmedurchlass- widerstand	
					Rippe m ² K/W	Gefach m ² K/W
Gipskarton	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Mineralfaserdämmung	40	8	0	0,04	1,00	1,00
Dampfsperre						
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Holzstiel	240	600	144	0,13	1,85	
mineralische Wärmedämmung WLG 040	240	8	2	0,04		6,00
diffusionsoffene Unterspannbahn						
Konterlattung						
Dachlattung						
Dacheindeckung						

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	33		
Flächenanteil	[%]	10	90	

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	2,98	7,14
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,10	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,04	0,04

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	6,42
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	[m ² K/W]	6,17
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	[m ² K/W]	6,30
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	6,16

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,16
-----------------------------------	-----------------------------	-------------

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach		
nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,75
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel		
nach DIN 4108-2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,00

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946 Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: G1 - Bodenplatte auf Erdreich

Bauteilschichten von oben nach unten	Dicke	Rohdichte	Flächen- masse	Wärmeleit- fähigkeit	Wärme- durchlass- widerstand
	mm	kg/m ³	kg/m ²	W/(mK)	m ² K/W
Zementestrich	50	2000	100	1,400	0,04
Abdeckung (z. B. 0,2 mm PE-Folie)					
Wärme- und Trittschalldämmung	120			0,040	3,00
Abdichtung gegen Bodenfeuchte					
Bodenplatte aus Beton	160	2400	384		
extrudierter PS-Hartschaum WLG 035	120			0,035	3,43

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	484
---------------------------	----------------------	-----

Wärmedurchlasswiderstand	[m ² K/W]	6,46
Wärmeübergangswiderstand innen	[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen	[m ² K/W]	0,00

Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m²K)]	0,15
-----------------------------------	-----------------------------	-------------

vorh. Wärmedurchlasswiderstand des Bauteiles im Mittel	[m ² K/W]	6,46
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2 Tabelle 1	[m ² K/W]	0,90

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 10077-1
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: W1 - Fenster

Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung nach Bundesanzeiger (BAZ)	U_g in $W/(m^2K)$	1,2
Rahmenmaterial: Wärmedurchgangskoeffizient nach Prüfzeugnis	Holz oder Kunststoff U_f in $W/(m^2K)$	2,0
durchschnittlicher Rahmenanteil	in %	30
linearer Wärmedurchgangskoeffizient für den Einfluss des Randverbundes nach DIN EN ISO 10077-1	Ψ_g in $W/(mK)$	0,06
durchschnittliche Fläche der Verglasung pro Fenstereinheit	A_g in m^2	1,7
durchschnittlicher Gesamtumfang der Verglasung pro Fenstereinheit	l_g in m	7,5
Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters	U_w in $W/(m^2K)$	1,6
Gesamtenergiedurchlassgrad nach Bundesanzeiger (BAZ)	g	0,50

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



IV. Bauteilaufbau

Variante C (Passivhaus)



IV. Bauteilaufbau Variante C (Passivhaus)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946 Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: **AW1-Außenwand**

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke	Rohdichte	Flächen- masse	Wärmeleit- fähigkeit	Wärmedurchlass-widerstand	
	d mm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	Rippe R= d / λ m²K/W	Gefach R= d / λ m²K/W
Gipskartonplatte	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Spannplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Mineralische Faserdämmung WLG 035	200	8	2	0,035		5,71
Holzständer (Rippe)	200	600	120	0,13	1,54	
Spannplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
PS - Hartschaum WLG 035	70	15	1	0,035	2,00	2,00
Vorsatzschale aus Klinker	15	2000	30	0,96	0,02	0,02

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m²]	178,95
---------------------------	---------	--------

Flächenanteil	[%]	16	84
---------------	-----	----	----

Wärmedurchlasswiderstand	Σ R	[m²K/W]	3,79	7,97
Wärmeübergangswiderstand innen	R _{si}	[m²K/W]	0,13	0,13
Wärmeübergangswiderstand außen	R _{se}	[m²K/W]	0,04	0,04

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	R _T '	[m²K/W]	6,96
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	R _T ''	[m²K/W]	6,41
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	R _T	[m²K/W]	6,68
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand		[m²K/W]	6,51

Wärmedurchgangskoeffizient	U	[W/(m²K)]	0,15
----------------------------	---	-----------	------

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2	[m²K/W]	1,00
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2 Tab. 3	[m²K/W]	1,75

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt !

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: **AW2-Außenwand**

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke	Rohdichte	Flächen- masse	Wärmeleit- fähigkeit	Wärmedurchlass-widerstand	
	d mm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	Rippe $R = d / \lambda$ m ² K/W	Gefach $R = d / \lambda$ m ² K/W
Gipskartonplatte	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Spannplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Mineralische Faserdämmung WLG 035	200	8	2	0,035		5,71
Holzständer (Rippe)	200	600	120	0,13	1,54	
Spannplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Mineralische Faserdämmung WLG 035	100	8	1	0,035	2,86	2,86
Spanplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
PS-Hartschaum WLG 035	70	15	1	0,035	2,00	2,00
Vorsatzschale aus Klinker	15	2000	30	0,96	0,02	0,02
Anrechenbare Flächenmasse		[kg/m ²]	188,85			
Flächenanteil		[%]	16	84		
Wärmedurchlasswiderstand	ΣR		[m ² K/W]	6,75	10,92	
Wärmeübergangswiderstand innen	R_{si}		[m ² K/W]	0,13	0,13	
Wärmeübergangswiderstand außen	R_{se}		[m ² K/W]	0,04	0,04	
oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	$R_{T'}$		[m ² K/W]		10,12	
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	$R_{T''}$		[m ² K/W]		9,36	
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	R_T		[m ² K/W]		9,74	
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand			[m ² K/W]		9,57	
Wärmedurchgangskoeffizient		U	[W/(m ² K)]	0,10		
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2			[m ² K/W]	1,00		
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2 Tab. 3			[m ² K/W]	1,75		

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt!



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: **AW3-Außenwand**

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke	Rohdichte	Flächen- masse	Wärmeleit- fähigkeit	Wärmedurchlass-widerstand	
	d mm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	Rippe R= d / λ m ² K/W	Gefach R= d / λ m ² K/W
Gipskartonplatte	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Spannplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Mineralische Faserdämmung WLG 035	200	8	2	0,035		5,71
Holzständer (Rippe)	200	600	120	0,13	1,54	
Spannplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Mineralische Faserdämmung WLG 035	80	8	1	0,035	2,29	2,29
Hinterlüftung (schwach belüftet)	20				0,15	0,15
Vorsatzschale aus Holz	21	600	13	0,13	0,16	0,16
Anrechenbare Flächenmasse		[kg/m ²]		161,14		
Flächenanteil		[%]		20 80		
Wärmedurchlasswiderstand	ΣR		[m ² K/W]	4,37 8,55		
Wärmeübergangswiderstand innen	R_{si}		[m ² K/W]	0,13 0,13		
Wärmeübergangswiderstand außen	R_{se}		[m ² K/W]	0,04 0,04		
oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	R_T'		[m ² K/W]	7,36		
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	R_T''		[m ² K/W]	6,71		
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	R_T		[m ² K/W]	7,04		
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand			[m ² K/W]	6,87		
Wärmedurchgangskoeffizient		U		[W/(m ² K)] 0,14		
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2			[m ² K/W]	1,00		
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2 Tab. 3			[m ² K/W]	1,75		

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist

erfüllt!

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: **D1 - Steildach**

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke d mm	Rohdichte ρ kg/m ³	Flächen- masse kg/m ²	Wärmeleit- fähigkeit λ W/(mK)	Wärmedurchlass- widerstand	
					Rippe $R = d / \lambda$ m ² K/W	Gefach $R = d / \lambda$ m ² K/W
Gipskartonplatte	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Mineralische Faserdämmung WLG 035	40	8	0	0,035	1,14	1,14
Spannplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Sparren (Rippe)	240	600	144	0,13	1,85	
Mineralische Faserdämmung WLG 035	240	8	2	0,035		6,86
diffusionso. Unterspannbahn	13			0,13	0,10	0,10
					-	-

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	163,44
---------------------------	----------------------	--------

Flächenanteil	[%]	10	90
---------------	-----	----	----

Wärmedurchlasswiderstand	ΣR	[m ² K/W]	3,23	8,24
Wärmeübergangswiderstand innen	R_{si}	[m ² K/W]	0,10	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen	R_{se}	[m ² K/W]	0,04	0,04

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	R_T'	[m ² K/W]	7,35
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	R_T''	[m ² K/W]	6,98
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	R_T	[m ² K/W]	7,16
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand		[m ² K/W]	7,02

Wärmedurchgangskoeffizient	U	[W/(m²K)]	0,14
-----------------------------------	----------	-----------------------------	-------------

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2	[m ² K/W]	1,00
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2 Tab. 3	[m ² K/W]	1,75

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist

erfüllt!



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: **G1 - Bodenplatte auf Erdreich**

Bauteilschichten von oben nach unten	Dicke	Rohdichte	Flächenmasse	Wärmeleitfähigkeit	Wärmedurchlasswiderstand
	d mm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	$R = d / \lambda$ m ² K/W
Bodenbelag					
Zementestrich	50	2000	100	1,400	0,04
Polystyrol-Dämmung	120		0	0,035	3,43
Abdichtung gegen Bodenfeuchte			0		-
Bodenplatte aus Beton	160	2400	384		
extru. PS-Hartschaum	160	15	2	0,035	4,57

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	486,4
---------------------------	----------------------	-------

Wärmedurchlasswiderstand	R	[m ² K/W]	8,04
Wärmeübergangswiderstand innen	R _{si}	[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen	R _{se}	[m ² K/W]	0,00

Wärmedurchgangskoeffizient	U	[W/(m²K)]	0,12
-----------------------------------	----------	-----------------------------	-------------

vorh. Wärmedurchlasswiderstand des Bauteiles im Mittel	[m ² K/W]	8,04
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2 Tabelle 3	[m ² K/W]	0,90

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist

erfüllt !



**Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 10077-1
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108**

Bauteil: **W 1 - Fenster**

Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung nach Bundesanzeiger (BAZ)	U_g in $W/(m^2K)$	0,8
--	---------------------	-----

Rahmenmaterial:	Holz	
Wärmedurchgangskoeffizient nach Prüfzeugnis	U_f in $W/(m^2K)$	2,0

durchschnittlicher Rahmenanteil	in %	30
---------------------------------	------	----

linearer Wärmedurchgangskoeffizient für den Einfluss des Randverbundes nach DIN EN ISO 10077-1	Ψ_g in $W/(mK)$	0,06
---	----------------------	------

durchschnittliche Fläche der Verglasung pro Fenstereinheit	A_g in m^2	1,70
---	----------------	------

durchschnittlicher Gesamtumfang der Verglasung pro Fenstereinheit	l_g in m	7,50
--	------------	------

Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters	U_w in $W/(m^2K)$	1,3
--	--	------------

Gesamtenergiedurchlassgrad nach DIN 4108-4 Tab. 5	g	0,50
--	---	------

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt.



V. Bauteilaufbau

Variante D (Massivhaus)



V. Bauteilaufbau Variante D (Massivhaus)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: **D1 - Steildach**

Bauteilschichten von innen nach außen	Dicke	Rohdichte	Flächen- masse	Wärmeleit- fähigkeit	Wärmedurchlass-widerstand	
	d mm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	Rippe $R = d / \lambda$ m ² K/W	Gefach $R = d / \lambda$ m ² K/W
Gipskartonplatte	9	900	8	0,25	0,04	0,04
Luftschicht	40				0,16	0,16
Dampfsperre						
Spannplatte	13	700	9	0,13	0,10	0,10
Sparrten (Rippe)	200	600	120	0,13	1,54	
Mineralische Faserdämmung WLG 035	200	8	2	0,04		5,00
					-	-

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	138,80
---------------------------	----------------------	--------

Flächenanteil	[%]	15	85
---------------	-----	----	----

Wärmedurchlasswiderstand	ΣR	[m ² K/W]	1,83	5,30
Wärmeübergangswiderstand innen	R_{si}	[m ² K/W]	0,10	0,10
Wärmeübergangswiderstand außen	R_{se}	[m ² K/W]	0,04	0,04

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	$R_{T'}$	[m ² K/W]		4,30
unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes	$R_{T''}$	[m ² K/W]		4,17
mittlerer Wärmedurchgangswiderstand	R_T	[m ² K/W]		4,24
mittlerer Wärmedurchlasswiderstand		[m ² K/W]		4,10

Wärmedurchgangskoeffizient	U	[W/(m ² K)]		0,24
----------------------------	---	------------------------	--	------

erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2		[m ² K/W]		1,00
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Gefach nach DIN 4108 Teil 2, Abschn. 5.2.2 Tab. 3		[m ² K/W]		1,75

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist **erfüllt!**



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: **G1 - Bodenplatte auf Erdreich**

Bauteilschichten von oben nach unten	Dicke	Rohdichte	Flächen- masse	Wärmeleit- fähigkeit	Wärme- durchlass- widerstand
	d mm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	$R = d / \lambda$ m ² K/W
Bodenbelag					
Zementestrich	50	2000	100	1,400	0,04
Polystyrol-Dämmung	120		0	0,040	3,00
Abdichtung gegen Bodenfeuchte			0		-
Bodenplatte aus Beton	160	2400	384		

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	484
---------------------------	----------------------	-----

Wärmedurchlasswiderstand	R	[m ² K/W]	3,04
Wärmeübergangswiderstand innen	R _{si}	[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen	R _{se}	[m ² K/W]	0,00

Wärmedurchgangskoeffizient	U	[W/(m ² K)]	0,31
----------------------------	---	------------------------	------

vorh. Wärmedurchlasswiderstand des Bauteiles im Mittel	[m ² K/W]	3,04
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2 Tabelle 3	[m ² K/W]	0,90

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist erfüllt !



Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946
Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108

Bauteil: **Außenwand AW1**

Bauteilschichten von oben nach unten	Dicke	Rohdichte	Flächenmasse	Wärmeleitfähigkeit	Wärmedurchlasswiderstand
	d	ρ		λ	$R = d / \lambda$
	mm	kg/m ³	kg/m ²	W/(mK)	m ² K/W
Kalkzementputz	15	1800	27	0,87	0,02
Porenbeton-Blocksteine	240	600	144	0,270	0,89
PS-Hartschaum WLG 040	140	15	2	0,035	4,00
keramischer Belag	15	2000	30	0,960	0,02

Anrechenbare Flächenmasse	[kg/m ²]	203,1
---------------------------	----------------------	-------

Wärmedurchlasswiderstand	R	[m ² K/W]	4,92
Wärmeübergangswiderstand innen	R _{si}	[m ² K/W]	0,17
Wärmeübergangswiderstand außen	R _{se}	[m ² K/W]	0,00

Wärmedurchgangskoeffizient	U	[W/(m²K)]	0,20
-----------------------------------	----------	-----------------------------	-------------

vorh. Wärmedurchlasswiderstand des Bauteiles im Mittel	[m ² K/W]	4,92
erf. Wärmedurchlasswiderstand im Mittel nach DIN 4108 Teil 2 Tabelle 3	[m ² K/W]	0,55

Beurteilung: Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist

erfüllt !



VI. Berechnung für den detaillierten Wärmebrückenzuschlag



VI. Berechnung für den detaillierten Wärmebrückenzuschlag

▪ Nordfassade

					$\Psi \cdot l$ W/K	ΔH_{WB} W/K
WB 01	x	2	=	2	x -0,12	= -0,24
WB 02	x	1	=	1	x 1,39	= 1,39
WB 03.1	x	8	=	8	x -0,12	= -0,96
WB 03.2	x	5	=	5	x -0,04	= -0,20
WB 04	x	14	=	14	x -0,06	= -0,83
WB 05	x	2	=	2	x 0,09	= 0,18
WB 06.3	x	3	=	3	x 0,03	= 0,09
WB 06.4	x	1	=	1	x 0,04	= 0,04
WB 08	x	4	=	4	x 0,10	= 0,40
WB 09	x	4	=	4	x 0,17	= 0,68
WB 10	x	1	=	1	x 0,83	= 0,83
WB 11.3	x	3	=	3	x 0,16	= 0,48
WB 11.4	x	1	=	1	x 0,20	= 0,20
WB 12	x	2	=	2	x -0,05	= -0,10
WB 13	x	12	=	12	x -0,03	= -0,36
						Σ 1,6

▪ Südfassade

					$\Psi \cdot l$ W/K	ΔH_{WB} W/K
WB 01	x	2	=	2	x -0,12	= -0,24
WB 02	x	1	=	1	x 1,39	= 1,39
WB 03.1	x	7	=	7	x -0,12	= -0,84
WB 03.2	x	4	=	4	x -0,04	= -0,16
WB 04	x	14	=	14	x -0,06	= -0,83
WB 05	x	2	=	2	x 0,07	= 0,14
WB 06.2	x	3	=	3	x 0,02	= 0,06
WB 06.3	x	1	=	1	x 0,03	= 0,03
WB 06.4	x	1	=	1	x 0,04	= 0,04
WB 07	x	1	=	1	x 0,25	= 0,25
WB 08	x	4	=	4	x 0,10	= 0,40
WB 09.1	x	4	=	4	x 0,17	= 0,68
WB 09.2	x	2	=	2	x 0,08	= 0,16
WB 10	x	1	=	1	x 0,83	= 0,83
WB 11.2	x	3	=	3	x 0,11	= 0,33
WB 11.3	x	1	=	1	x 0,16	= 0,16
WB 11.4	x	1	=	1	x 0,20	= 0,20
WB 12	x	2	=	2	x -0,05	= -0,10
WB 13	x	11	=	11	x -0,03	= -0,33
						Σ 2,17



▪ Westfassade

						$\Psi \cdot I$ W/K	ΔH_{WB} W/K
WB 01	x	2	=	2	x	-0,12	= -0,24
WB 02	x	1	=	1	x	1,39	= 1,39
WB 03.1	x	12	=	12	x	-0,12	= -1,44
WB 03.2	x	4	=	4	x	-0,04	= -0,16
WB 04	x	14	=	14	x	-0,06	= -0,83
WB 05	x	2	=	2	x	0,07	= 0,14
WB 06,3	x	1	=	1	x	0,03	= 0,03
WB 06.1	x	4	=	4	x	0,01	= 0,04
WB 08	x	6	=	6	x	0,10	= 0,60
WB 09.1	x	4	=	4	x	0,17	= 0,68
WB 10	x	1	=	1	x	0,83	= 0,83
WB 11.1	x	4	=	4	x	0,06	= 0,24
WB 11.3	x	1	=	1	x	0,16	= 0,16
WB 12	x	2	=	2	x	-0,05	= -0,10
WB 13	x	10	=	10	x	-0,03	= -0,30
							Σ 1,04

▪ Ostfassade

						$\Psi \cdot I$ W/K	ΔH_{WB} W/K
WB 01	x	2	=	2	x	-0,12	= -0,24
WB 02	x	1	=	1	x	1,39	= 1,39
WB 03.1	x	11	=	11	x	-0,12	= -1,32
WB 03.2	x	6	=	6	x	-0,04	= -0,24
WB 04	x	14	=	14	x	-0,06	= -0,83
WB 05	x	2	=	2	x	0,07	= 0,14
WB 06,3	x	1	=	1	x	0,03	= 0,03
WB 06.2	x	4	=	4	x	0,02	= 0,08
WB 08	x	4	=	4	x	0,10	= 0,40
WB 10	x	1	=	1	x	0,83	= 0,83
WB 11.2	x	4	=	4	x	0,11	= 0,44
WB 12	x	2	=	2	x	-0,05	= -0,10
WB 13	x	11	=	11	x	-0,03	= -0,33
WB 9.1	x	4	=	4	x	0,17	= 0,68
							Σ 0,93



VII. Berechnungen zum vereinfachten und Monatsbilanzverfahren nach EnEV



VII. Berechnungen zum vereinfachten und Monatsbilanzverfahren nach EnEV

VII.1. Variante A (Standard)

Nachweis der Anforderungen nach Energieeinsparverordnung - Wohngebäude mit normalen Innentemperaturen -						Referentenentwurf 7.3.2001	
Objekt: Stadtvilla Haustyp A Standard EnEv (mit Dichtheitsprüfung)							
1	1. Gebäudedaten						
	Volumen (Außenmaß) [m³]	V _e = 483,53					
2	Nutzfläche [m²]	A _N = 0,32 * V _e = 0,32 * 483,53 = 154,7					
	A/V _e -Verhältnis [1/m]	A / V _e = 363,69 / 483,53 = 0,75					
3	2. Wärmeverluste						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U _i [W/(m²K)]	U _i * A _i [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F _{xi} [-]	U _i * A _i * F _{xi} [W/K]
6	Außenwand	AW 1	74,60	0,19	14,17	1	14,17
7		AW 2	40,92	0,12	4,91	1	4,91
8		AW 3	25,95	0,18	4,67	1	4,67
9		AW 4				1	
10	Fenster	W 1	12,47	1,60	19,95	1	19,95
11		W 2	18,24	1,60	29,18	1	29,18
12		W 3	7,76	1,60	12,42	1	12,42
13		W 4	5,97	1,60	9,55	1	9,55
14	Haustür	T 1				1	
15	Dach	D 1	92,40	0,24	22,18	1	22,18
16		D 2				1	
17		D 3				1	
18	Oberste Geschoßdecke	D 4				0,8	
19		D 5				0,8	
20	Wand gegen Abseitenraum	AbW 1				0,8	
21		AbW 2				0,8	
22	Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1				0,5	
23		AB 2				0,5	
24	Kellerdecke/-wände zum unbeheizten Keller Fußboden auf Erdreich Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich	G 1	85,38	0,31	26,47	0,6	15,88
25		G 2				0,6	
26		G 3				0,6	
27		G 4				0,6	
28		G 5				0,6	
29	Σ A _i = A =		363,69	Spezifischer Transmissionswärmeverlust Σ U _i * A _i * F _{xi} =			132,92
30	Transmissionswärmeverlust ¹⁾		H _T = Σ (U _i * A _i * F _{xi}) + ΔU _{WB} * A H _T = 132,92 + 0,05 * 363,69				H _T = 151,10
31	2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
32	Lüftungswärmeverlust ohne Dichtheitsprüfung	H _V = 0,19 * V _e = 0,19 * _____				H _V =	
33	Lüftungswärmeverlust mit Dichtheitsprüfung	H _V = 0,163 * V _e = 0,163 * 483,53				H _V =	78,82



34	3. Wärmegewinne				
35	3.1 Solare Wärmegewinne Q_s [kWh/a]				
36	Orientierung	Solare Einstrahlung I_j [kWh/(m ² a)]	Fenster- Teilfläche $A_{w,i}$ [m ²]	Gesamtener- giedurchlaß- grad g_i [-]	$I_j * 0,567$ $* A_{w,i} * g_i$ [kWh/a]
37	Südost bis Südwest	270	18,24	0,50	1.396,18
38					
39	Nordwest bis Nordost	100	12,47	0,50	353,52
40					
41	übrige Richtungen	155	7,67	0,50	337,04
42			5,97	0,50	262,34
43	Dachflächenfenster mit Neigung < 30° ¹⁾	225			
44	Solare Wärmegewinne: $Q_s = \sum (I_j * 0,567 * A_{w,i} * g_i)$				$Q_s =$ 2.349,08
45	3.2 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]				
46	Interne Wärmegewinne: $Q_i = 22 * A_N = 22 * 154,73$				$Q_i =$ 3.404,05
47	4. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]				
48	Jahres-Heizwärmebedarf: ²⁾ $Q_h = 66 * (H_T + H_V) - 0,95 * (Q_s + Q_i)$ $Q_h = 66 * 229,92 - 0,95 * 5.753,13$				$Q_h =$ 9.708,98
49	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ³⁾ $Q''_h = Q_h / A_N$ [kWh/(m ² a)] $Q''_h = 9.708,98 / 154,73$				$Q''_h =$ 62,75
50	5. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]				
51	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust: $H'_{T,vorh} = H_T / A = 151,10 / 363,69$				$H'_{T,vorh} =$ 0,42
52	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust: $H'_{T,max} = 1,05$ bei $A/V_e \leq 0,2$ $H'_{T,max} = 0,3 + 0,15 / (A/V_e)$ bei $0,2 < A/V_e < 1,05$ $H'_{T,max} = 0,44$ bei $A/V_e \geq 1,05$				$H'_{T,max} =$ 0,50
53	$H'_{T,vorh} = 0,42$ W/(m ² K) $\leq 0,50$ W/(m ² K) = $H'_{T,max}$				
54	6. Ermittlung der Primärenergieaufwandszahl gemäß DIN 4701 - 10 Anhang A (Berechnungsblätter) oder Anhang C (Diagramme)				
55	Anlagenaufwandszahl (primärenergiebezogen): Anlagentyp: Anlage 4 - Brennwert-Kessel und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung				$e_p =$ 1,27
56	7. Jahres-Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]				
57	vorhandener Jahres-Primärenergiebedarf: $Q''_{P,vorh} = e_p * (Q''_h + 12,5)$ $Q''_{P,vorh} = 1,27 * (62,75 + 12,5)$				$Q''_{P,vorh} =$ 95,55
58	zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:				
59	Wohngebäude (außer solche nach Zeile 60) $Q''_{P,max} = 66 + 2600 / (100 + A_N)$ bei $A/V_e < 0,2$ $Q''_{P,max} = 50,94 + 75,29 * A/V_e + 2600 / (100 + A_N)$ bei $0,2 < A/V_e < 1,05$ $Q''_{P,max} = 130 + 2600 / (100 + A_N)$ bei $A/V_e \geq 1,05$				$Q''_{P,max} =$ 117,78
60	Wohngebäude mit überwiegender Warmwasserbereitung aus elektrischem Strom: $Q''_{P,max} = 80$ bei $A/V_e < 0,2$ $Q''_{P,max} = 64,94 + 75,29 * A/V_e$ bei $0,2 < A/V_e < 1,05$ $Q''_{P,max} = 144$ bei $A/V_e \geq 1,05$				$Q''_{P,max} =$
61	$Q''_{P,vorh} = 95,55$ kWh/(m ² a) $\leq 117,78$ kWh/(m ² a) = $Q''_{P,max}$				



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,60	0,10	24,42
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,10

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 165,10 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3626
Februar	0,6	28	19	2968
März	4,1	31	19	2661
April	9,5	30	19	1642
Mai	12,9	31	19	1090
Juni	15,7	30	19	570
Juli	18,0	31	19	179
August	18,3	31	19	125
September	14,4	30	19	795
Oktober	9,1	31	19	1768
November	4,7	30	19	2472
Dezember	1,3	31	19	3161
Σ				21058

kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegegninn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gegninnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegegninn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegegninn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegegninn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,10 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,10$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,07 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3626	1700	0,47	30	2,89	0,94	2032
Februar	2968	1858	0,63	30	2,89	0,88	1325
März	2661	2638	0,99	30	2,89	0,75	693
April	1642	4648	2,83	30	2,89	0,34	54
Mai	1090	4906	4,50	30	2,89	0,22	11
Juni	570	5356	9,39	30	2,89	0,11	1
Juli	179	5703	31,93	30	2,89	0,03	0
August	125	4437	35,49	30	2,89	0,03	0
September	795	3668	4,61	30	2,89	0,21	8
Oktober	1768	2600	1,47	30	2,89	0,59	239
November	2472	1718	0,70	30	2,89	0,86	996
Dezember	3161	1260	0,40	30	2,89	0,96	1956
Summe:							7314

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 47,27 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 59,77 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{H} =$	47,27 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{W} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	82,49 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,60	0,05	20,15
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,14

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,14 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3385
Februar	0,6	28	19	2771
März	4,1	31	19	2484
April	9,5	30	19	1533
Mai	12,9	31	19	1017
Juni	15,7	30	19	532
Juli	18,0	31	19	167
August	18,3	31	19	117
September	14,4	30	19	742
Oktober	9,1	31	19	1651
November	4,7	30	19	2307
Dezember	1,3	31	19	2951

$$\Sigma 19657 \text{ kWh/a}$$



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,14 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,14$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,10 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3385	1700	0,50	32	3,02	0,93	1797
Februar	2771	1858	0,67	32	3,02	0,88	1142
März	2484	2638	1,06	32	3,02	0,73	563
April	1533	4648	3,03	32	3,02	0,32	36
Mai	1017	4906	4,82	32	3,02	0,21	7
Juni	532	5356	10,06	32	3,02	0,10	0
Juli	167	5703	34,20	32	3,02	0,03	0
August	117	4437	38,02	32	3,02	0,03	0
September	742	3668	4,94	32	3,02	0,20	5
Oktober	1651	2600	1,58	32	3,02	0,56	182
November	2307	1718	0,74	32	3,02	0,85	848
Dezember	2951	1260	0,43	32	3,02	0,95	1748
Summe:							6329

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 40,90 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 53,40 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{H} =$	40,90 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{W} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	73,69 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,60	5,74	15,88
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,18

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = \mathbf{138,92 \text{ W/K}}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \mathbf{483,53 \text{ m}^3}$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = \mathbf{367 \text{ m}^3}$$

Außenluftwechselrate

$$n = \mathbf{0,60 \text{ h}^{-1}}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \mathbf{0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \mathbf{74,97 \text{ W/K}}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3230
Februar	0,6	28	19	2645
März	4,1	31	19	2371
April	9,5	30	19	1463
Mai	12,9	31	19	971
Juni	15,7	30	19	508
Juli	18,0	31	19	159
August	18,3	31	19	111
September	14,4	30	19	708
Oktober	9,1	31	19	1575
November	4,7	30	19	2202
Dezember	1,3	31	19	2817
Σ				18761 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegeinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegeinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegeinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegeinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 138,92 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$H_T =$

138,92

$H_V =$

74,97

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 213,88 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3230	1700	0,53	34	3,12	0,93	1647
Februar	2645	1858	0,70	34	3,12	0,87	1027
März	2371	2638	1,11	34	3,12	0,72	484
April	1463	4648	3,18	34	3,12	0,31	27
Mai	971	4906	5,05	34	3,12	0,20	5
Juni	508	5356	10,54	34	3,12	0,09	0
Juli	159	5703	35,84	34	3,12	0,03	0
August	111	4437	39,84	34	3,12	0,03	0
September	708	3668	5,18	34	3,12	0,19	3
Oktober	1575	2600	1,65	34	3,12	0,55	149
November	2202	1718	0,78	34	3,12	0,84	756
Dezember	2817	1260	0,45	34	3,12	0,95	1615
Summe:							5714

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 36,93 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 49,43 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	36,93 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	68,21 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VII.2. Variante B (3-Liter-Haus)

Nachweis der Anforderungen nach Energieeinsparverordnung - Wohngebäude mit normalen Innentemperaturen -						Referentenentwurf 7.3.2001	
Objekt: Stadtvilla Haustyp A 3-Liter-Haus (mit Dichtheitsprüfung)							
1	1. Gebäudedaten						
	Volumen (Außenmaß) [m³]	V _e = 483,53					
2	Nutzfläche [m²]	A _N = 0,32 * V _e = 0,32 * 483,53 = 154,7					
	A/V _e -Verhältnis [1/m]	A / V _e = 363,69 / 483,53 = 0,75					
3	2. Wärmeverluste						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U _i [W/(m²K)]	U _i * A _i [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F _{xi} [-]	U _i * A _i * F _{xi} [W/K]
6	Außenwand	AW 1	74,60	0,16	11,94	1	11,94
7		AW 2	40,92	0,11	4,50	1	4,50
8		AW 3	25,95	0,19	4,93	1	4,93
9		AW 4				1	
10	Fenster	W 1	12,47	1,60	19,95	1	19,95
11		W 2	18,24	1,60	29,18	1	29,18
12		W 3	7,76	1,60	12,42	1	12,42
13		W 4	5,97	1,60	9,55	1	9,55
14	Haustür	T 1				1	
15	Dach	D 1	92,40	0,16	14,78	1	14,78
16		D 2				1	
17		D 3				1	
18	Oberste Geschoßdecke	D 4				0,8	
19		D 5				0,8	
20	Wand gegen Abseitenraum	AbW 1				0,8	
21		AbW 2				0,8	
22	Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1				0,5	
23		AB 2				0,5	
24	Kellerdecke/-wände zum unbeheizten Keller Fußboden auf Erdreich Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich	G 1	85,38	0,15	12,81	0,6	7,68
25		G 2				0,6	
26		G 3				0,6	
27		G 4				0,6	
28		G 5				0,6	
29	Σ A _i = A =		363,69	Spezifischer Transmissionswärmeverlust Σ U _i * A _i * F _{xi} =			114,94
30	Transmissionswärmeverlust ¹⁾		H _T = Σ (U _i * A _i * F _{xi}) + ΔU _{WB} * A H _T = 114,94 + 0,05 * 363,69				H _T = 133,12
31	2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
32	Lüftungswärmeverlust ohne Dichtheitsprüfung	H _V = 0,19 * V _e = 0,19 * _____					H _V =
33	Lüftungswärmeverlust mit Dichtheitsprüfung	H _V = 0,163 * V _e = 0,163 * 483,53					H _V = 78,82



34	3. Wärmegewinne				
35	3.1 Solare Wärmegewinne Q_s [kWh/a]				
36	Orientierung	Solare Einstrahlung I_j [kWh/(m²a)]	Fenster- Teilfläche $A_{w,i}$ [m²]	Gesamtener- giedurchlaß- grad g_i [-]	$I_j * 0,567$ $* A_{w,i} * g_i$ [kWh/a]
37	Südost bis Südwest	270	18,24	0,50	1.396,18
38					
39	Nordwest bis Nordost	100	12,47	0,50	353,52
40					
41	übrige Richtungen	155	7,67	0,50	337,04
42			5,97	0,50	262,34
43	Dachflächenfenster mit Neigung < 30° ¹⁾	225			
44	Solare Wärmegewinne: $Q_s = \sum (I_j * 0,567 * A_{w,i} * g_i)$				$Q_s =$ 2.349,08
45	3.2 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]				
46	Interne Wärmegewinne: $Q_i = 22 * A_N = 22 * 154,73$				$Q_i =$ 3.404,05
47	4. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]				
48	Jahres-Heizwärmebedarf: ²⁾ $Q_h = 66 * (H_T + H_V) - 0,95 * (Q_s + Q_i)$ $Q_h = 66 * 211,94 - 0,95 * 5.753,13$				$Q_h =$ 8.522,55
49	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ³⁾ $Q''_h = Q_h / A_N$ [kWh/(m²a)] $Q''_h = 8.522,55 / 154,73$				$Q''_h =$ 55,08
50	5. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]				
51	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust: $H'_{T,vorh} = H_T / A = 133,12 / 363,69$				$H'_{T,vorh} =$ 0,37
52	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust: $H'_{T,max} = 1,05$ bei $A/V_e \leq 0,2$ $H'_{T,max} = 0,3 + 0,15 / (A/V_e)$ bei $0,2 < A/V_e < 1,05$ $H'_{T,max} = 0,44$ bei $A/V_e \geq 1,05$				$H'_{T,max} =$ 0,50
53	$H'_{T,vorh} = 0,37$ W/(m²K) $\leq 0,50$ W/(m²K) = $H'_{T,max}$				
54	6. Ermittlung der Primärenergieaufwandszahl gemäß DIN 4701 - 10 Anhang A (Berechnungsblätter) oder Anhang C (Diagramme)				
55	Anlagenaufwandszahl (primärenergiebezogen): Anlagentyp: Anlage 4 - Brennwert-Kessel und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung				$e_p =$ 1,29
56	7. Jahres-Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]				
57	vorhandener Jahres-Primärenergiebedarf: $Q''_{P,vorh} = e_p * (Q''_h + 12,5)$ $Q''_{P,vorh} = 1,29 * (55,08 + 12,5)$				$Q''_{P,vorh} =$ 87,10
58	zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:				
59	Wohngebäude (außer solche nach Zeile 60) $Q''_{P,max} = 66 + 2600 / (100 + A_N)$ bei $A/V_e < 0,2$ $Q''_{P,max} = 50,94 + 75,29 * A/V_e + 2600 / (100 + A_N)$ bei $0,2 < A/V_e < 1,05$ $Q''_{P,max} = 130 + 2600 / (100 + A_N)$ bei $A/V_e \geq 1,05$				$Q''_{P,max} =$ 117,78
60	Wohngebäude mit überwiegender Warmwasserbereitung aus elektrischem Strom: $Q''_{P,max} = 80$ bei $A/V_e < 0,2$ $Q''_{P,max} = 64,94 + 75,29 * A/V_e$ bei $0,2 < A/V_e < 1,05$ $Q''_{P,max} = 144$ bei $A/V_e \geq 1,05$				$Q''_{P,max} =$
61	$Q''_{P,vorh} = 87,10$ kWh/(m²a) $\leq 117,78$ kWh/(m²a) = $Q''_{P,max}$				



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,15	0,60	0,10	16,22
Dach	92,40	0,16	1,00	0,10	24,02
AW1 - Außenwand	74,60	0,16	1,00	0,10	19,40
AW2 - Außenwand	40,92	0,11	1,00	0,10	8,59
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				146,86

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 146,86 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,70 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 87,46 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3539
Februar	0,6	28	19	2897
März	4,1	31	19	2598
April	9,5	30	19	1603
Mai	12,9	31	19	1063
Juni	15,7	30	19	557
Juli	18,0	31	19	174
August	18,3	31	19	122
September	14,4	30	19	776
Oktober	9,1	31	19	1726
November	4,7	30	19	2413
Dezember	1,3	31	19	3086

$$\Sigma 20554 \text{ kWh/a}$$



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegeinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegeinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegeinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegeinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 146,86 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$H_T =$

146,86

$H_V =$

87,46

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 234,33 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3539	1700	0,48	31	2,93	0,94	1948
Februar	2897	1858	0,64	31	2,93	0,88	1259
März	2598	2638	1,02	31	2,93	0,74	645
April	1603	4648	2,90	31	2,93	0,33	47
Mai	1063	4906	4,61	31	2,93	0,21	9
Juni	557	5356	9,62	31	2,93	0,10	1
Juli	174	5703	32,71	31	2,93	0,03	0
August	122	4437	36,36	31	2,93	0,03	0
September	776	3668	4,73	31	2,93	0,21	6
Oktober	1726	2600	1,51	31	2,93	0,58	218
November	2413	1718	0,71	31	2,93	0,86	942
Dezember	3086	1260	0,41	31	2,93	0,96	1881
Summe:							6957

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 44,96 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 57,46 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{H} =$	44,96 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{W} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	79,29 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,15	0,60	0,05	11,95
Dach	92,40	0,16	1,00	0,05	19,40
AW1 - Außenwand	74,60	0,16	1,00	0,05	15,67
AW2 - Außenwand	40,92	0,11	1,00	0,05	6,55
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				130,90

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 130,90 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,70 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 87,46 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3298
Februar	0,6	28	19	2700
März	4,1	31	19	2421
April	9,5	30	19	1494
Mai	12,9	31	19	991
Juni	15,7	30	19	519
Juli	18,0	31	19	162
August	18,3	31	19	114
September	14,4	30	19	723
Oktober	9,1	31	19	1608
November	4,7	30	19	2248
Dezember	1,3	31	19	2876

$$\Sigma 19154 \text{ kWh/a}$$



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fensterfläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergiedurchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungsfaktor für Rahmen F_F -	Abminderungsfaktor für Verschattung F_S -	Abminderungsfaktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewin:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatlichen Strahlungsintensitäten der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatlicher solarer Wärmegewinnsstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinnsstrom $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinnsstrom $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinnsstrom (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 130,90 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,36 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T \max}' = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H_T = 130,90$$

$$H_V = 87,46$$

$$H = 218,36 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3298	1700	0,52	33	3,08	0,93	1713
Februar	2700	1858	0,69	33	3,08	0,87	1077
März	2421	2638	1,09	33	3,08	0,72	518
April	1494	4648	3,11	33	3,08	0,31	31
Mai	991	4906	4,95	33	3,08	0,20	6
Juni	519	5356	10,32	33	3,08	0,10	0
Juli	162	5703	35,10	33	3,08	0,03	0
August	114	4437	39,02	33	3,08	0,03	0
September	723	3668	5,07	33	3,08	0,20	4
Oktober	1608	2600	1,62	33	3,08	0,56	163
November	2248	1718	0,76	33	3,08	0,85	796
Dezember	2876	1260	0,44	33	3,08	0,95	1674

Summe: 5982

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 38,66 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 51,16 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	38,66 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 *	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	70,60 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

* Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,15	0,60	5,74	7,68
Dach	92,40	0,16	1,00		14,78
AW1 - Außenwand	74,60	0,16	1,00		11,94
AW2 - Außenwand	40,92	0,11	1,00		4,50
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				114,94

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 120,68 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,70 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 87,46 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3144
Februar	0,6	28	19	2574
März	4,1	31	19	2307
April	9,5	30	19	1424
Mai	12,9	31	19	945
Juni	15,7	30	19	495
Juli	18,0	31	19	155
August	18,3	31	19	108
September	14,4	30	19	689
Oktober	9,1	31	19	1533
November	4,7	30	19	2143
Dezember	1,3	31	19	2741
Σ				18257 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegegninn:

$$\Phi_{s,M} = \Sigma (I_{s,M,j}) \Sigma (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\Sigma s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gegninnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegegninn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegegninn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegegninn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 120,68 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,33 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T \max}' = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$H_T =$

120,68

$H_V =$

87,46

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 208,14 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3144	1700	0,54	35	3,18	0,93	1563
Februar	2574	1858	0,72	35	3,18	0,87	963
März	2307	2638	1,14	35	3,18	0,71	441
April	1424	4648	3,26	35	3,18	0,30	23
Mai	945	4906	5,19	35	3,18	0,19	4
Juni	495	5356	10,83	35	3,18	0,09	0
Juli	155	5703	36,83	35	3,18	0,03	0
August	108	4437	40,94	35	3,18	0,02	0
September	689	3668	5,32	35	3,18	0,19	3
Oktober	1533	2600	1,70	35	3,18	0,54	132
November	2143	1718	0,80	35	3,18	0,84	705
Dezember	2741	1260	0,46	35	3,18	0,95	1541
Summe:							5375

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 34,74 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 47,24 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	34,74 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	65,19 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VII.3. Variante C (Passivhaus)

Nachweis der Anforderungen nach Energieeinsparverordnung - Wohngebäude mit normalen Innentemperaturen -						Referentenentwurf 7.3.2001	
Objekt: Stadtvilla Haustyp A Passiv (ohne Dichtheitsprüfung)							
1	1. Gebäudedaten						
	Volumen (Außenmaß) [m³]	V _e = 483,53					
2	Nutzfläche [m²]	A _N = 0,32 * V _e = 0,32 * 483,53 = 154,7					
	A/V _e -Verhältnis [1/m]	A / V _e = 363,69 / 483,53 = 0,75					
3	2. Wärmeverluste						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m²]	Wärmedurch- gangskoeffizient U _i [W/(m²K)]	U _i * A _i [W/K]	Temperatur- Korrektur- faktor F _{xi} [-]	U _i * A _i * F _{xi} [W/K]
6	Außenwand	AW 1	74,60	0,15	11,19	1	11,19
7		AW 2	40,92	0,11	4,50	1	4,50
8		AW 3	25,95	0,14	3,63	1	3,63
9		AW 4				1	
10	Fenster	W 1	12,47	0,78	9,73	1	9,73
11		W 2	18,24	0,78	14,23	1	14,23
12		W 3	7,76	0,78	6,05	1	6,05
13		W 4	5,97	0,78	4,66	1	4,66
14	Haustür	T 1				1	
15	Dach	D 1	92,40	0,14	12,94	1	12,94
16		D 2				1	
17		D 3				1	
18	Oberste Geschoßdecke	D 4				0,8	
19		D 5				0,8	
20	Wand gegen Abseitenraum	AbW 1				0,8	
21		AbW 2				0,8	
22	Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1				0,5	
23		AB 2				0,5	
24	Kellerdecke/-wände zum unbeheizten Keller Fußboden auf Erdreich Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich	G 1	85,38	0,12	10,25	0,6	6,15
25		G 2				0,6	
26		G 3				0,6	
27		G 4				0,6	
28		G 5				0,6	
29	Σ A _i = A =		363,69	Spezifischer Transmissionswärmeverlust Σ U _i * A _i * F _{xi} =			73,07
30	Transmissionswärmeverlust ¹⁾		H _T = Σ (U _i * A _i * F _{xi}) + ΔU _{WB} * A H _T = 73,07 + 0,05 * 363,69				H _T = 91,26
31	2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
32	Lüftungswärmeverlust ohne Dichtheitsprüfung	H _V = 0,19 * V _e = 0,19 * 483,53				H _V =	91,87
33	Lüftungswärmeverlust mit Dichtheitsprüfung	H _V = 0,163 * V _e = 0,163 * _____				H _V =	



34	3. Wärmegewinne				
35	3.1 Solare Wärmegewinne Q _s [kWh/a]				
36	Orientierung	Solare Einstrahlung I _j [kWh/(m²a)]	Fenster- Teilfläche A _{W,i} [m²]	Gesamtener- giedurchlaß- grad g _i [-]	I _j * 0,567 * A _{W,i} * g _i [kWh/a]
37	Südost bis Südwest	270	18,24	0,65	1.815,04
38					
39	Nordwest bis Nordost	100	12,47	0,65	459,58
40					
41	übrige Richtungen	155	7,76	0,65	443,29
42			5,97	0,65	341,04
43	Dachflächenfenster mit Neigung < 30° ¹⁾	225			
44	Solare Wärmegewinne: Q _s = Σ (I _j * 0,567 * A _{W,i} * g _i)				Q _s = 3.058,95
45	3.2 Interne Wärmegewinne Q _i [kWh/a]				
46	Interne Wärmegewinne: Q _i = 22 * A _N = 22 * 154,73				Q _i = 3.404,05
47	4. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]				
48	Jahres-Heizwärmebedarf: ²⁾ Q _h = 66 * (H _T + H _V) - 0,95 * (Q _s + Q _i) Q _h = 66 * 183,13 - 0,95 * 6.463,00				Q _h = 5.946,47
49	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ³⁾ Q'' _h = Q _h / A _N [kWh/(m²a)] Q'' _h = 5.946,47 / 154,73				Q'' _h = 38,43
50	5. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]				
51	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust: H' _{T,vorh} = H _T / A = 91,26 / 363,69				H' _{T,vorh} = 0,25
52	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust: H' _{T,max} = 1,05 bei A/V _e ≤ 0,2 H' _{T,max} = 0,3 + 0,15 / (A/V _e) bei 0,2 < A/V _e < 1,05 H' _{T,max} = 0,44 bei A/V _e ≥ 1,05				H' _{T,max} = 0,50
53	H' _{T,vorh} = 0,25 W/(m²K) ≤ 0,50 W/(m²K) = H' _{T,max}				
54	6. Ermittlung der Primärenergieaufwandszahl gemäß DIN 4701 - 10 Anhang A (Berechnungsblätter) oder Anhang C (Diagramme)				
55	Anlagenaufwandszahl (primärenergiebezogen): Anlagentyp: Anlage 1 - Niedertemperaturkessel mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung				e _P = 2,00
56	7. Jahres-Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]				
57	vorhandener Jahres-Primärenergiebedarf: Q'' _{P,vorh} = e _P * (Q'' _h + 12,5) Q'' _{P,vorh} = 2,00 * (38,43 + 12,5)				Q'' _{P,vorh} = 101,70
58	zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:				
59	Wohngebäude (außer solche nach Zeile 60) Q'' _{P,max} = 66 + 2600 / (100 + A _N) bei A/V _e < 0,2 Q'' _{P,max} = 50,94 + 75,29 * A/V _e + 2600 / (100 + A _N) bei 0,2 < A/V _e < 1,05 Q'' _{P,max} = 130 + 2600 / (100 + A _N) bei A/V _e ≥ 1,05				Q'' _{P,max} = 117,78
60	Wohngebäude mit überwiegender Warmwasserbereitung aus elektrischem Strom: Q'' _{P,max} = 80 bei A/V _e < 0,2 Q'' _{P,max} = 64,94 + 75,29 * A/V _e bei 0,2 < A/V _e < 1,05 Q'' _{P,max} = 144 bei A/V _e ≥ 1,05				Q'' _{P,max} =
61	Q'' _{P,vorh} = 101,70 kWh/(m²a) ≤ 117,78 kWh/(m²a) = Q'' _{P,max}				



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,60	0,10	14,69
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				104,59

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 104,59 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,70 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 87,46 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	2901
Februar	0,6	28	19	2375
März	4,1	31	19	2129
April	9,5	30	19	1314
Mai	12,9	31	19	872
Juni	15,7	30	19	456
Juli	18,0	31	19	143
August	18,3	31	19	100
September	14,4	30	19	636
Oktober	9,1	31	19	1415
November	4,7	30	19	1977
Dezember	1,3	31	19	2529

$$\Sigma 16845 \text{ kWh/a}$$



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,65	0,59	0,70	0,90	1,00	16,38
							-
						Summe:	16,38

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 m^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 m^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 W/m^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1965	1462	576	2038
Februar	28	158	2588	1739	520	2259
März	31	220	3603	2681	576	3256
April	30	451	7387	5318	557	5875
Mai	31	462	7567	5630	576	6205
Juni	30	529	8664	6238	557	6795
Juli	31	547	8959	6665	576	7241
August	31	412	6748	5020	576	5596
September	30	343	5618	4045	557	4602
Oktober	31	216	3538	2632	576	3208
November	30	128	2096	1509	557	2066
Dezember	31	73	1196	890	576	1465
			Σ	43830	6777	50607



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 104,59 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 104,59$$

$$H_V = 87,46$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 192,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2901	2038	0,70	38	3,36	0,88	1098
Februar	2375	2259	0,95	38	3,36	0,79	591
März	2129	3256	1,53	38	3,36	0,59	210
April	1314	5875	4,47	38	3,36	0,22	7
Mai	872	6205	7,12	38	3,36	0,14	1
Juni	456	6795	14,89	38	3,36	0,07	0
Juli	143	7241	50,68	38	3,36	0,02	0
August	100	5596	55,95	38	3,36	0,02	0
September	636	4602	7,23	38	3,36	0,14	1
Oktober	1415	3208	2,27	38	3,36	0,42	52
November	1977	2066	1,05	38	3,36	0,75	420
Dezember	2529	1465	0,58	38	3,36	0,93	1172
Summe:							3552

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 22,96 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 35,46 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	22,96 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	48,93 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,60	0,05	10,42
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				88,62

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 88,62 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,70 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 87,46 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	2659
Februar	0,6	28	19	2177
März	4,1	31	19	1952
April	9,5	30	19	1204
Mai	12,9	31	19	799
Juni	15,7	30	19	418
Juli	18,0	31	19	131
August	18,3	31	19	92
September	14,4	30	19	583
Oktober	9,1	31	19	1297
November	4,7	30	19	1813
Dezember	1,3	31	19	2319

$$\Sigma 15445 \text{ kWh/a}$$



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,65	0,59	0,70	0,90	1,00	16,38
							-
Summe:							16,38

mittlerer monatlicher solarer Wärmegegninn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gegninnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegegninn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegegninn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegegninn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1965	1462	576	2038
Februar	28	158	2588	1739	520	2259
März	31	220	3603	2681	576	3256
April	30	451	7387	5318	557	5875
Mai	31	462	7567	5630	576	6205
Juni	30	529	8664	6238	557	6795
Juli	31	547	8959	6665	576	7241
August	31	412	6748	5020	576	5596
September	30	343	5618	4045	557	4602
Oktober	31	216	3538	2632	576	3208
November	30	128	2096	1509	557	2066
Dezember	31	73	1196	890	576	1465
Σ				43830	6777	50607



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 88,62 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$H_T =$

88,62

$H_V =$

87,46

$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$

$V_e = 483,53 \text{ m}^3$

$H = 176,08 \text{ W/K}$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2659	2038	0,77	41	3,57	0,87	883
Februar	2177	2259	1,04	41	3,57	0,77	445
März	1952	3256	1,67	41	3,57	0,56	139
April	1204	5875	4,88	41	3,57	0,20	3
Mai	799	6205	7,76	41	3,57	0,13	0
Juni	418	6795	16,24	41	3,57	0,06	0
Juli	131	7241	55,27	41	3,57	0,02	0
August	92	5596	61,02	41	3,57	0,02	0
September	583	4602	7,89	41	3,57	0,13	0
Oktober	1297	3208	2,47	41	3,57	0,39	31
November	1813	2066	1,14	41	3,57	0,73	309
Dezember	2319	1465	0,63	41	3,57	0,92	973
Summe:							2784

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$

$Q_h = 17,99 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$(Q_h + Q_{tw}) = 30,49 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{\text{H}} =$	17,99 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{\text{W}} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_{\text{p}} =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}} =$	42,08 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_{\text{e}} =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_{e} - Verhältnis	$A/V_{\text{e}} =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}}'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,60	5,74	6,15
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				72,66

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = \mathbf{78,40 \text{ W/K}}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \mathbf{483,53 \text{ m}^3}$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = \mathbf{367 \text{ m}^3}$$

Außenluftwechselrate

$$n = \mathbf{0,70 \text{ h}^{-1}}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \mathbf{0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \mathbf{87,46 \text{ W/K}}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in $^{\circ}C$	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in $^{\circ}C$	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	2505
Februar	0,6	28	19	2051
März	4,1	31	19	1839
April	9,5	30	19	1134
Mai	12,9	31	19	753
Juni	15,7	30	19	394
Juli	18,0	31	19	123
August	18,3	31	19	86
September	14,4	30	19	549
Oktober	9,1	31	19	1222
November	4,7	30	19	1708
Dezember	1,3	31	19	2184
Σ				14549 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,65	0,59	0,70	0,90	1,00	16,38
							-
						Summe:	16,38

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1965	1462	576	2038
Februar	28	158	2588	1739	520	2259
März	31	220	3603	2681	576	3256
April	30	451	7387	5318	557	5875
Mai	31	462	7567	5630	576	6205
Juni	30	529	8664	6238	557	6795
Juli	31	547	8959	6665	576	7241
August	31	412	6748	5020	576	5596
September	30	343	5618	4045	557	4602
Oktober	31	216	3538	2632	576	3208
November	30	128	2096	1509	557	2066
Dezember	31	73	1196	890	576	1465
			Σ	43830	6777	50607



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 78,40 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$H_T =$

78,40

$H_V =$

87,46

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 165,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2505	2038	0,81	44	3,73	0,86	749
Februar	2051	2259	1,10	44	3,73	0,75	359
März	1839	3256	1,77	44	3,73	0,53	102
April	1134	5875	5,18	44	3,73	0,19	2
Mai	753	6205	8,24	44	3,73	0,12	0
Juni	394	6795	17,24	44	3,73	0,06	0
Juli	123	7241	58,68	44	3,73	0,02	0
August	86	5596	64,78	44	3,73	0,02	0
September	549	4602	8,38	44	3,73	0,12	0
Oktober	1222	3208	2,63	44	3,73	0,37	21
November	1708	2066	1,21	44	3,73	0,71	245
Dezember	2184	1465	0,67	44	3,73	0,91	847
Summe:							2325

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 15,02 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 27,52 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	15,02 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	37,98 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII. Berechnung des Jahresheizwärmebe- darfs nach DIN V4108-6, Variante A (Standard)



VIII. Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach DIN V4108-6, Variante A (Standard)

VIII.1. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone Deutschland



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{161,13} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3566
Februar	0,6	28	19	2919
März	4,1	31	19	2617
April	9,5	30	19	1615
Mai	12,9	31	19	1072
Juni	15,7	30	19	561
Juli	18,0	31	19	176
August	18,3	31	19	123
September	14,4	30	19	782
Oktober	9,1	31	19	1739
November	4,7	30	19	2431
Dezember	1,3	31	19	3109
Σ				20709 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum I_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 161,13$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 236,10 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3566	1700	0,48	31	2,92	0,94	1974
Februar	2919	1858	0,64	31	2,92	0,88	1279
März	2617	2638	1,01	31	2,92	0,74	660
April	1615	4648	2,88	31	2,92	0,34	49
Mai	1072	4906	4,58	31	2,92	0,22	10
Juni	561	5356	9,55	31	2,92	0,10	1
Juli	176	5703	32,47	31	2,92	0,03	0
August	123	4437	36,09	31	2,92	0,03	0
September	782	3668	4,69	31	2,92	0,21	7
Oktober	1739	2600	1,50	31	2,92	0,58	224
November	2431	1718	0,71	31	2,92	0,86	959
Dezember	3109	1260	0,41	31	2,92	0,96	1904
Summe:							7067

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 45,67 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 58,17 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{\text{H}} =$	45,67 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{\text{W}} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_{\text{p}} =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}} =$	80,28 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_{\text{e}} =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_{e} - Verhältnis	$A/V_{\text{e}} =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}}'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima:

Deutschland

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3325
Februar	0,6	28	19	2722
März	4,1	31	19	2440
April	9,5	30	19	1506
Mai	12,9	31	19	999
Juni	15,7	30	19	523
Juli	18,0	31	19	164
August	18,3	31	19	115
September	14,4	30	19	729
Oktober	9,1	31	19	1621
November	4,7	30	19	2267
Dezember	1,3	31	19	2899
Σ				19309 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3325	1700	0,51	33	3,06	0,93	1739
Februar	2722	1858	0,68	33	3,06	0,87	1097
März	2440	2638	1,08	33	3,06	0,72	532
April	1506	4648	3,09	33	3,06	0,32	33
Mai	999	4906	4,91	33	3,06	0,20	6
Juni	523	5356	10,24	33	3,06	0,10	0
Juli	164	5703	34,82	33	3,06	0,03	0
August	115	4437	38,71	33	3,06	0,03	0
September	729	3668	5,03	33	3,06	0,20	4
Oktober	1621	2600	1,60	33	3,06	0,56	169
November	2267	1718	0,76	33	3,06	0,85	812
Dezember	2899	1260	0,43	33	3,06	0,95	1697
Summe:							6088

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 39,35 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 51,85 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	39,35 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 *	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	71,55 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{p,max} =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

* Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = \boxed{134,95} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = \boxed{367} \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \boxed{0,34} \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3170
Februar	0,6	28	19	2596
März	4,1	31	19	2327
April	9,5	30	19	1436
Mai	12,9	31	19	953
Juni	15,7	30	19	499
Juli	18,0	31	19	156
August	18,3	31	19	109
September	14,4	30	19	695
Oktober	9,1	31	19	1546
November	4,7	30	19	2161
Dezember	1,3	31	19	2764
Σ				18412 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3170	1700	0,54	35	3,16	0,93	1589
Februar	2596	1858	0,72	35	3,16	0,87	982
März	2327	2638	1,13	35	3,16	0,71	454
April	1436	4648	3,24	35	3,16	0,30	24
Mai	953	4906	5,15	35	3,16	0,19	4
Juni	499	5356	10,74	35	3,16	0,09	0
Juli	156	5703	36,52	35	3,16	0,03	0
August	109	4437	40,59	35	3,16	0,02	0
September	695	3668	5,28	35	3,16	0,19	3
Oktober	1546	2600	1,68	35	3,16	0,54	137
November	2161	1718	0,79	35	3,16	0,84	721
Dezember	2764	1260	0,46	35	3,16	0,95	1564
Summe:							5479

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 35,41 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 47,91 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{\text{H}} =$	35,41 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{\text{W}} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_{\text{p}} =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}} =$	66,11 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_{\text{e}} =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_{e} - Verhältnis	$A/V_{\text{e}} =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}}'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII.2. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone R02 (Ort: Hamburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	3250
Februar	1,1	28	19	2840
März	3,7	31	19	2688
April	7,3	30	19	1989
Mai	12,2	31	19	1194
Juni	15,5	30	19	595
Juli	16,8	31	19	386
August	16,6	31	19	422
September	13,5	30	19	935
Oktober	9,7	31	19	1634
November	5,1	30	19	2363
Dezember	1,9	31	19	3004
Σ				21299 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$\begin{aligned} V_e &= 483,53 \text{ m}^3 \\ A_N &= 155 \text{ m}^2 \\ q_{i,M} &= 5 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum I_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$H_T = 161,13$

$H_V = 74,97$

$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$

$V_e = 483,53 \text{ m}^3$

$H = 236,10 \text{ W/K}$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3250	1372	0,42	31	2,92	0,95	1944
Februar	2840	1976	0,70	31	2,92	0,86	1139
März	2688	2750	1,02	31	2,92	0,74	663
April	1989	3968	1,99	31	2,92	0,47	141
Mai	1194	4953	4,15	31	2,92	0,24	14
Juni	595	4403	7,40	31	2,92	0,13	1
Juli	386	4737	12,26	31	2,92	0,08	0
August	422	4297	10,19	31	2,92	0,10	0
September	935	3160	3,38	31	2,92	0,29	19
Oktober	1634	2385	1,46	31	2,92	0,59	221
November	2363	1564	0,66	31	2,92	0,87	997
Dezember	3004	1091	0,36	31	2,92	0,97	1949
Summe:							7088

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$

$Q_h = 45,81 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 58,31 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	45,81 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	80,47 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	3030
Februar	1,1	28	19	2648
März	3,7	31	19	2506
April	7,3	30	19	1854
Mai	12,2	31	19	1114
Juni	15,5	30	19	555
Juli	16,8	31	19	360
August	16,6	31	19	393
September	13,5	30	19	872
Oktober	9,7	31	19	1523
November	5,1	30	19	2203
Dezember	1,9	31	19	2801
Σ				19859 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum I_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3030	1372	0,45	33	3,06	0,95	1727
Februar	2648	1976	0,75	33	3,06	0,85	966
März	2506	2750	1,10	33	3,06	0,72	532
April	1854	3968	2,14	33	3,06	0,44	101
Mai	1114	4953	4,45	33	3,06	0,22	9
Juni	555	4403	7,94	33	3,06	0,13	1
Juli	360	4737	13,15	33	3,06	0,08	0
August	393	4297	10,93	33	3,06	0,09	0
September	872	3160	3,63	33	3,06	0,27	12
Oktober	1523	2385	1,57	33	3,06	0,57	167
November	2203	1564	0,71	33	3,06	0,86	851
Dezember	2801	1091	0,39	33	3,06	0,97	1748
Summe:							6115

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 39,52 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 52,02 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{\text{H}} =$	39,52 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{\text{W}} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_{\text{p}} =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}} =$	71,78 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_{\text{e}} =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_{e} - Verhältnis	$A/V_{\text{e}} =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}}'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = \mathbf{134,95 \text{ W/K}}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = \mathbf{483,53 \text{ m}^3}$$

$$V = \mathbf{367 \text{ m}^3}$$

$$n = \mathbf{0,60 \text{ h}^{-1}}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \mathbf{0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}}$$

$$H_V = \mathbf{74,97 \text{ W/K}}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **2** (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	2889
Februar	1,1	28	19	2525
März	3,7	31	19	2389
April	7,3	30	19	1768
Mai	12,2	31	19	1062
Juni	15,5	30	19	529
Juli	16,8	31	19	344
August	16,6	31	19	375
September	13,5	30	19	831
Oktober	9,7	31	19	1452
November	5,1	30	19	2101
Dezember	1,9	31	19	2671
Σ				18936 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum I_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2889	1372	0,47	35	3,16	0,95	1589
Februar	2525	1976	0,78	35	3,16	0,84	859
März	2389	2750	1,15	35	3,16	0,70	454
April	1768	3968	2,24	35	3,16	0,43	79
Mai	1062	4953	4,66	35	3,16	0,21	6
Juni	529	4403	8,32	35	3,16	0,12	1
Juli	344	4737	13,79	35	3,16	0,07	0
August	375	4297	11,46	35	3,16	0,09	0
September	831	3160	3,80	35	3,16	0,26	9
Oktober	1452	2385	1,64	35	3,16	0,55	136
November	2101	1564	0,74	35	3,16	0,86	759
Dezember	2671	1091	0,41	35	3,16	0,96	1619
Summe:							5510

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 35,61 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 48,11 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	35,61 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	66,40 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII.3. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone R07 (Ort: Essen)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	3004
Februar	2,5	28	19	2618
März	5,1	31	19	2442
April	8,5	30	19	1785
Mai	12,9	31	19	1072
Juni	15,7	30	19	561
Juli	17,4	31	19	281
August	17,2	31	19	316
September	14,4	30	19	782
Oktober	10,7	31	19	1458
November	5,7	30	19	2261
Dezember	2,9	31	19	2828
Σ				19407 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: **7** (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum I_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
Σ				28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$H_T =$

161,13

$H_V =$

74,97

$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$

$V_e = 483,53 \text{ m}^3$

$H = 236,10 \text{ W/K}$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3004	1429	0,48	31	2,92	0,94	1666
Februar	2618	2052	0,78	31	2,92	0,83	920
März	2442	2769	1,13	31	2,92	0,70	513
April	1785	3823	2,14	31	2,92	0,44	108
Mai	1072	4447	4,15	31	2,92	0,24	13
Juni	561	4222	7,53	31	2,92	0,13	1
Juli	281	4606	16,39	31	2,92	0,06	0
August	316	3547	11,22	31	2,92	0,09	0
September	782	3088	3,95	31	2,92	0,25	11
Oktober	1458	2516	1,73	31	2,92	0,52	141
November	2261	1582	0,70	31	2,92	0,86	901
Dezember	2828	1129	0,40	31	2,92	0,96	1747
Summe:							6022

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$

$Q_h = 38,92 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$(Q_h + Q_{tw}) = 51,42 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{\text{H}} =$	38,92 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{\text{W}} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_{\text{p}} =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}} =$	70,96 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_{\text{e}} =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_{e} - Verhältnis	$A/V_{\text{e}} =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}}'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	2801
Februar	2,5	28	19	2441
März	5,1	31	19	2277
April	8,5	30	19	1664
Mai	12,9	31	19	999
Juni	15,7	30	19	523
Juli	17,4	31	19	262
August	17,2	31	19	295
September	14,4	30	19	729
Oktober	10,7	31	19	1359
November	5,7	30	19	2108
Dezember	2,9	31	19	2637
Σ				18095 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: **7** (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
Σ				28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2801	1429	0,51	33	3,06	0,93	1468
Februar	2441	2052	0,84	33	3,06	0,81	769
März	2277	2769	1,22	33	3,06	0,68	406
April	1664	3823	2,30	33	3,06	0,42	76
Mai	999	4447	4,45	33	3,06	0,22	8
Juni	523	4222	8,07	33	3,06	0,12	1
Juli	262	4606	17,58	33	3,06	0,06	0
August	295	3547	12,03	33	3,06	0,08	0
September	729	3088	4,24	33	3,06	0,23	7
Oktober	1359	2516	1,85	33	3,06	0,50	104
November	2108	1582	0,75	33	3,06	0,85	764
Dezember	2637	1129	0,43	33	3,06	0,96	1558
Summe:							5160

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 33,35 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 45,85 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{\text{H}} =$	33,35 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{\text{W}} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_{\text{p}} =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}} =$	63,27 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_{\text{e}} =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_{e} - Verhältnis	$A/V_{\text{e}} =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}}'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = \boxed{134,95} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = \boxed{367} \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \boxed{0,34} \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **7** (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	2671
Februar	2,5	28	19	2328
März	5,1	31	19	2171
April	8,5	30	19	1587
Mai	12,9	31	19	953
Juni	15,7	30	19	499
Juli	17,4	31	19	250
August	17,2	31	19	281
September	14,4	30	19	695
Oktober	10,7	31	19	1296
November	5,7	30	19	2010
Dezember	2,9	31	19	2514
Σ				17254 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: **7** (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
Σ				28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2671	1429	0,53	35	3,16	0,93	1341
Februar	2328	2052	0,88	35	3,16	0,81	675
März	2171	2769	1,28	35	3,16	0,66	341
April	1587	3823	2,41	35	3,16	0,40	59
Mai	953	4447	4,67	35	3,16	0,21	6
Juni	499	4222	8,46	35	3,16	0,12	1
Juli	250	4606	18,43	35	3,16	0,05	0
August	281	3547	12,62	35	3,16	0,08	0
September	695	3088	4,44	35	3,16	0,22	5
Oktober	1296	2516	1,94	35	3,16	0,48	83
November	2010	1582	0,79	35	3,16	0,84	679
Dezember	2514	1129	0,45	35	3,16	0,95	1437
Summe:							4627

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 29,90 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 42,40 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_{\text{H}} =$	29,90 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_{\text{W}} =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_{\text{p}} =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}} =$	58,52 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_{\text{e}} =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_{e} - Verhältnis	$A/V_{\text{e}} =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_{\text{p}}'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII.4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone R10 (Ort: Hof)

**Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

**Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

**Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3847
Februar	-1,9	28	19	3316
März	1,5	31	19	3074
April	5,6	30	19	2278
Mai	10,6	31	19	1476
Juni	13,8	30	19	884
Juli	15,4	31	19	632
August	14,9	31	19	720
September	11,7	30	19	1241
Oktober	7,3	31	19	2055
November	1,9	30	19	2907
Dezember	-1,5	31	19	3601
Σ				26031 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
Σ				31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 161,13$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 236,10 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3847	1925	0,50	31	2,92	0,93	2058
Februar	3316	2569	0,77	31	2,92	0,83	1181
März	3074	3500	1,14	31	2,92	0,69	642
April	2278	3986	1,75	31	2,92	0,52	214
Mai	1476	4419	2,99	31	2,92	0,32	40
Juni	884	4013	4,54	31	2,92	0,22	8
Juli	632	4391	6,94	31	2,92	0,14	2
August	720	4231	5,88	31	2,92	0,17	3
September	1241	3414	2,75	31	2,92	0,35	42
Oktober	2055	2985	1,45	31	2,92	0,59	280
November	2907	1863	0,64	31	2,92	0,88	1265
Dezember	3601	1429	0,40	31	2,92	0,96	2232

Summe: 7969

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_{h} = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 51,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 64,00 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	51,50 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	88,32 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{i,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3587
Februar	-1,9	28	19	3092
März	1,5	31	19	2866
April	5,6	30	19	2124
Mai	10,6	31	19	1376
Juni	13,8	30	19	824
Juli	15,4	31	19	590
August	14,9	31	19	671
September	11,7	30	19	1157
Oktober	7,3	31	19	1916
November	1,9	30	19	2710
Dezember	-1,5	31	19	3357
Σ				24271 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F \cdot F_S \cdot F_C \cdot g_i \cdot A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$\begin{aligned} V_e &= 483,53 \text{ m}^3 \\ A_N &= 155 \text{ m}^2 \\ q_{i,M} &= 5 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum I_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
Σ				31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3587	1925	0,54	33	3,06	0,92	1806
Februar	3092	2569	0,83	33	3,06	0,82	989
März	2866	3500	1,22	33	3,06	0,67	507
April	2124	3986	1,88	33	3,06	0,49	157
Mai	1376	4419	3,21	33	3,06	0,31	27
Juni	824	4013	4,87	33	3,06	0,20	5
Juli	590	4391	7,45	33	3,06	0,13	1
August	671	4231	6,30	33	3,06	0,16	2
September	1157	3414	2,95	33	3,06	0,33	28
Oktober	1916	2985	1,56	33	3,06	0,57	212
November	2710	1863	0,69	33	3,06	0,87	1084
Dezember	3357	1429	0,43	33	3,06	0,96	1991
Summe:							6809

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 44,01 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 56,51 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	44,01 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	77,98 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 134,95 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherefähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3420
Februar	-1,9	28	19	2948
März	1,5	31	19	2733
April	5,6	30	19	2025
Mai	10,6	31	19	1312
Juni	13,8	30	19	786
Juli	15,4	31	19	562
August	14,9	31	19	640
September	11,7	30	19	1103
Oktober	7,3	31	19	1827
November	1,9	30	19	2584
Dezember	-1,5	31	19	3202
Σ				23144 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
			Σ	31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3420	1925	0,56	35	3,16	0,92	1646
Februar	2948	2569	0,87	35	3,16	0,81	870
März	2733	3500	1,28	35	3,16	0,66	427
April	2025	3986	1,97	35	3,16	0,48	125
Mai	1312	4419	3,37	35	3,16	0,29	20
Juni	786	4013	5,11	35	3,16	0,19	4
Juli	562	4391	7,81	35	3,16	0,13	1
August	640	4231	6,61	35	3,16	0,15	1
September	1103	3414	3,09	35	3,16	0,32	21
Oktober	1827	2985	1,63	35	3,16	0,55	173
November	2584	1863	0,72	35	3,16	0,87	970
Dezember	3202	1429	0,45	35	3,16	0,96	1837

Summe: 6094

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 39,38 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 51,88 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	39,38 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	71,60 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII.5. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone R13 (Ort: Freiburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	3021
Februar	3,2	28	19	2507
März	6,6	31	19	2178
April	10,2	30	19	1496
Mai	14,4	31	19	808
Juni	17,7	30	19	221
Juli	19,9	31	19	-158
August	19,2	31	19	-35
September	16,2	30	19	476
Oktober	11,3	31	19	1353
November	6,0	30	19	2210
Dezember	2,7	31	19	2863
Σ				16939 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
			Σ	33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_{T'} = H_T / A$$

$$H_{T'} = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 161,13$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 236,10 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3021	1700	0,56	31	2,92	0,91	1476
Februar	2507	2272	0,91	31	2,92	0,78	734
März	2178	3285	1,51	31	2,92	0,58	276
April	1496	3832	2,56	31	2,92	0,37	60
Mai	808	4494	5,56	31	2,92	0,18	4
Juni	221	4666	21,12	31	2,92	0,05	0
Juli	-158	4944	-31,27	31	2,92	-	negativ
August	-35	4709	-134,05	31	2,92	-	negativ
September	476	3759	7,90	31	2,92	0,13	1
Oktober	1353	2891	2,14	31	2,92	0,44	83
November	2210	1954	0,88	31	2,92	0,79	669
Dezember	2863	1597	0,56	31	2,92	0,91	1409

Summe: 4712

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 30,45 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 42,95 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	30,45 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	59,27 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	2817
Februar	3,2	28	19	2337
März	6,6	31	19	2031
April	10,2	30	19	1395
Mai	14,4	31	19	753
Juni	17,7	30	19	206
Juli	19,9	31	19	-147
August	19,2	31	19	-33
September	16,2	30	19	444
Oktober	11,3	31	19	1261
November	6,0	30	19	2060
Dezember	2,7	31	19	2670
Σ				15794 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fensterfläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergiedurchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungsfaktor für Rahmen F_F -	Abminderungsfaktor für Verschattung F_S -	Abminderungsfaktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärmegewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2817	1700	0,60	33	3,06	0,90	1282
Februar	2337	2272	0,97	33	3,06	0,76	601
März	2031	3285	1,62	33	3,06	0,56	208
April	1395	3832	2,75	33	3,06	0,35	41
Mai	753	4494	5,96	33	3,06	0,17	3
Juni	206	4666	22,65	33	3,06	0,04	0
Juli	-147	4944	-33,54	33	3,06	-	negativ
August	-33	4709	-143,77	33	3,06	-	negativ
September	444	3759	8,47	33	3,06	0,12	1
Oktober	1261	2891	2,29	33	3,06	0,42	58
November	2060	1954	0,95	33	3,06	0,77	550
Dezember	2670	1597	0,60	33	3,06	0,90	1225
Summe:							3967

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 25,64 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 38,14 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	25,64 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	52,63 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 134,95 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	2686
Februar	3,2	28	19	2229
März	6,6	31	19	1937
April	10,2	30	19	1330
Mai	14,4	31	19	718
Juni	17,7	30	19	196
Juli	19,9	31	19	-141
August	19,2	31	19	-31
September	16,2	30	19	423
Oktober	11,3	31	19	1203
November	6,0	30	19	1965
Dezember	2,7	31	19	2546
Σ				15061 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2686	1700	0,63	35	3,16	0,90	1159
Februar	2229	2272	1,02	35	3,16	0,75	520
März	1937	3285	1,70	35	3,16	0,54	168
April	1330	3832	2,88	35	3,16	0,34	31
Mai	718	4494	6,26	35	3,16	0,16	2
Juni	196	4666	23,75	35	3,16	0,04	0
Juli	-141	4944	-35,17	35	3,16	-	negativ
August	-31	4709	-150,77	35	3,16	-	negativ
September	423	3759	8,88	35	3,16	0,11	0
Oktober	1203	2891	2,40	35	3,16	0,40	45
November	1965	1954	0,99	35	3,16	0,76	476
Dezember	2546	1597	0,63	35	3,16	0,90	1108

Summe: 3509

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 22,68 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 35,18 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	22,68 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	48,55 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII.6. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone Deutschland

**Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{161,13} \text{ W/K}$$

**Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

**Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3566
Februar	0,6	28	19	2919
März	4,1	31	19	2617
April	9,5	30	19	1615
Mai	12,9	31	19	1072
Juni	15,7	30	19	561
Juli	18,0	31	19	176
August	18,3	31	19	123
September	14,4	30	19	782
Oktober	9,1	31	19	1739
November	4,7	30	19	2431
Dezember	1,3	31	19	3109
Σ				20709 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
			Σ	33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_{T'} = H_T / A$$

$$H_{T'} = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 161,13$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 236,10 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3566	1700	0,48	25	2,54	0,91	2012
Februar	2919	1858	0,64	25	2,54	0,86	1331
März	2617	2638	1,01	25	2,54	0,71	733
April	1615	4648	2,88	25	2,54	0,33	74
Mai	1072	4906	4,58	25	2,54	0,21	18
Juni	561	5356	9,55	25	2,54	0,10	2
Juli	176	5703	32,47	25	2,54	0,03	0
August	123	4437	36,09	25	2,54	0,03	0
September	782	3668	4,69	25	2,54	0,21	12
Oktober	1739	2600	1,50	25	2,54	0,56	274
November	2431	1718	0,71	25	2,54	0,83	1008
Dezember	3109	1260	0,41	25	2,54	0,94	1928

Summe: 7392

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 47,77 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 60,27 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	47,77 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	83,17 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3325
Februar	0,6	28	19	2722
März	4,1	31	19	2440
April	9,5	30	19	1506
Mai	12,9	31	19	999
Juni	15,7	30	19	523
Juli	18,0	31	19	164
August	18,3	31	19	115
September	14,4	30	19	729
Oktober	9,1	31	19	1621
November	4,7	30	19	2267
Dezember	1,3	31	19	2899
Σ				19309 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3325	1700	0,51	26	2,65	0,91	1778
Februar	2722	1858	0,68	26	2,65	0,85	1150
März	2440	2638	1,08	26	2,65	0,70	602
April	1506	4648	3,09	26	2,65	0,31	52
Mai	999	4906	4,91	26	2,65	0,20	12
Juni	523	5356	10,24	26	2,65	0,10	1
Juli	164	5703	34,82	26	2,65	0,03	0
August	115	4437	38,71	26	2,65	0,03	0
September	729	3668	5,03	26	2,65	0,20	8
Oktober	1621	2600	1,60	26	2,65	0,54	213
November	2267	1718	0,76	26	2,65	0,82	862
Dezember	2899	1260	0,43	26	2,65	0,93	1721

Summe: 6400

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 41,36 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 53,86 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	41,36 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	74,33 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 134,95 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3170
Februar	0,6	28	19	2596
März	4,1	31	19	2327
April	9,5	30	19	1436
Mai	12,9	31	19	953
Juni	15,7	30	19	499
Juli	18,0	31	19	156
August	18,3	31	19	109
September	14,4	30	19	695
Oktober	9,1	31	19	1546
November	4,7	30	19	2161
Dezember	1,3	31	19	2764
Σ				18412 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
			Σ	33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3170	1700	0,54	28	2,73	0,91	1630
Februar	2596	1858	0,72	28	2,73	0,84	1036
März	2327	2638	1,13	28	2,73	0,68	522
April	1436	4648	3,24	28	2,73	0,30	41
Mai	953	4906	5,15	28	2,73	0,19	9
Juni	499	5356	10,74	28	2,73	0,09	1
Juli	156	5703	36,52	28	2,73	0,03	0
August	109	4437	40,59	28	2,73	0,02	0
September	695	3668	5,28	28	2,73	0,19	6
Oktober	1546	2600	1,68	28	2,73	0,53	177
November	2161	1718	0,79	28	2,73	0,81	771
Dezember	2764	1260	0,46	28	2,73	0,93	1589

Summe: 5781

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 37,36 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 49,86 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	37,36 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	68,81 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII.7. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone R02 (Ort: Hamburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	3250
Februar	1,1	28	19	2840
März	3,7	31	19	2688
April	7,3	30	19	1989
Mai	12,2	31	19	1194
Juni	15,5	30	19	595
Juli	16,8	31	19	386
August	16,6	31	19	422
September	13,5	30	19	935
Oktober	9,7	31	19	1634
November	5,1	30	19	2363
Dezember	1,9	31	19	3004
Σ				21299 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 161,13$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 236,10 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3250	1372	0,42	25	2,54	0,93	1971
Februar	2840	1976	0,70	25	2,54	0,83	1195
März	2688	2750	1,02	25	2,54	0,71	738
April	1989	3968	1,99	25	2,54	0,45	189
Mai	1194	4953	4,15	25	2,54	0,24	25
Juni	595	4403	7,40	25	2,54	0,13	3
Juli	386	4737	12,26	25	2,54	0,08	1
August	422	4297	10,19	25	2,54	0,10	1
September	935	3160	3,38	25	2,54	0,29	30
Oktober	1634	2385	1,46	25	2,54	0,57	267
November	2363	1564	0,66	25	2,54	0,85	1041
Dezember	3004	1091	0,36	25	2,54	0,95	1967

Summe: 7428

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 48,01 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 60,51 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	48,01 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	83,50 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	3030
Februar	1,1	28	19	2648
März	3,7	31	19	2506
April	7,3	30	19	1854
Mai	12,2	31	19	1114
Juni	15,5	30	19	555
Juli	16,8	31	19	360
August	16,6	31	19	393
September	13,5	30	19	872
Oktober	9,7	31	19	1523
November	5,1	30	19	2203
Dezember	1,9	31	19	2801
Σ				19859 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
			Σ	29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3030	1372	0,45	26	2,65	0,93	1755
Februar	2648	1976	0,75	26	2,65	0,82	1024
März	2506	2750	1,10	26	2,65	0,69	605
April	1854	3968	2,14	26	2,65	0,43	141
Mai	1114	4953	4,45	26	2,65	0,22	17
Juni	555	4403	7,94	26	2,65	0,13	2
Juli	360	4737	13,15	26	2,65	0,08	0
August	393	4297	10,93	26	2,65	0,09	1
September	872	3160	3,63	26	2,65	0,27	21
Oktober	1523	2385	1,57	26	2,65	0,55	209
November	2203	1564	0,71	26	2,65	0,84	896
Dezember	2801	1091	0,39	26	2,65	0,95	1766

Summe: 6436

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 41,60 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 54,10 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	41,60 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	74,65 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 134,95 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	2889
Februar	1,1	28	19	2525
März	3,7	31	19	2389
April	7,3	30	19	1768
Mai	12,2	31	19	1062
Juni	15,5	30	19	529
Juli	16,8	31	19	344
August	16,6	31	19	375
September	13,5	30	19	831
Oktober	9,7	31	19	1452
November	5,1	30	19	2101
Dezember	1,9	31	19	2671
Σ				18936 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2889	1372	0,47	28	2,73	0,93	1618
Februar	2525	1976	0,78	28	2,73	0,81	916
März	2389	2750	1,15	28	2,73	0,68	524
April	1768	3968	2,24	28	2,73	0,42	114
Mai	1062	4953	4,66	28	2,73	0,21	13
Juni	529	4403	8,32	28	2,73	0,12	1
Juli	344	4737	13,79	28	2,73	0,07	0
August	375	4297	11,46	28	2,73	0,09	0
September	831	3160	3,80	28	2,73	0,26	16
Oktober	1452	2385	1,64	28	2,73	0,54	174
November	2101	1564	0,74	28	2,73	0,83	805
Dezember	2671	1091	0,41	28	2,73	0,95	1638

Summe: 5819

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 37,61 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 50,11 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	37,61 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	69,15 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII.8. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone R07 (Ort: Essen)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{161,13} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **7** (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	3004
Februar	2,5	28	19	2618
März	5,1	31	19	2442
April	8,5	30	19	1785
Mai	12,9	31	19	1072
Juni	15,7	30	19	561
Juli	17,4	31	19	281
August	17,2	31	19	316
September	14,4	30	19	782
Oktober	10,7	31	19	1458
November	5,7	30	19	2261
Dezember	2,9	31	19	2828
Σ				19407 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
			Σ	28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_{T'} = H_T / A$$

$$H_{T'} = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 161,13$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 236,10 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3004	1429	0,48	25	2,54	0,91	1698
Februar	2618	2052	0,78	25	2,54	0,80	980
März	2442	2769	1,13	25	2,54	0,67	584
April	1785	3823	2,14	25	2,54	0,43	148
Mai	1072	4447	4,15	25	2,54	0,24	22
Juni	561	4222	7,53	25	2,54	0,13	3
Juli	281	4606	16,39	25	2,54	0,06	0
August	316	3547	11,22	25	2,54	0,09	1
September	782	3088	3,95	25	2,54	0,25	18
Oktober	1458	2516	1,73	25	2,54	0,51	180
November	2261	1582	0,70	25	2,54	0,83	947
Dezember	2828	1129	0,40	25	2,54	0,94	1768

Summe: 6349

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 41,03 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 53,53 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	41,03 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	73,87 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	2801
Februar	2,5	28	19	2441
März	5,1	31	19	2277
April	8,5	30	19	1664
Mai	12,9	31	19	999
Juni	15,7	30	19	523
Juli	17,4	31	19	262
August	17,2	31	19	295
September	14,4	30	19	729
Oktober	10,7	31	19	1359
November	5,7	30	19	2108
Dezember	2,9	31	19	2637
Σ				18095 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
			Σ	28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2801	1429	0,51	26	2,65	0,91	1501
Februar	2441	2052	0,84	26	2,65	0,79	829
März	2277	2769	1,22	26	2,65	0,65	472
April	1664	3823	2,30	26	2,65	0,41	109
Mai	999	4447	4,45	26	2,65	0,22	15
Juni	523	4222	8,07	26	2,65	0,12	2
Juli	262	4606	17,58	26	2,65	0,06	0
August	295	3547	12,03	26	2,65	0,08	0
September	729	3088	4,24	26	2,65	0,23	12
Oktober	1359	2516	1,85	26	2,65	0,49	137
November	2108	1582	0,75	26	2,65	0,82	810
Dezember	2637	1129	0,43	26	2,65	0,94	1580

Summe: 5468

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 35,34 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 47,84 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	35,34 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	66,02 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 134,95 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	2671
Februar	2,5	28	19	2328
März	5,1	31	19	2171
April	8,5	30	19	1587
Mai	12,9	31	19	953
Juni	15,7	30	19	499
Juli	17,4	31	19	250
August	17,2	31	19	281
September	14,4	30	19	695
Oktober	10,7	31	19	1296
November	5,7	30	19	2010
Dezember	2,9	31	19	2514
Σ				17254 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
			Σ	28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2671	1429	0,53	28	2,73	0,91	1376
Februar	2328	2052	0,88	28	2,73	0,78	735
März	2171	2769	1,28	28	2,73	0,64	405
April	1587	3823	2,41	28	2,73	0,39	88
Mai	953	4447	4,67	28	2,73	0,21	11
Juni	499	4222	8,46	28	2,73	0,12	1
Juli	250	4606	18,43	28	2,73	0,05	0
August	281	3547	12,62	28	2,73	0,08	0
September	695	3088	4,44	28	2,73	0,22	9
Oktober	1296	2516	1,94	28	2,73	0,47	112
November	2010	1582	0,79	28	2,73	0,81	725
Dezember	2514	1129	0,45	28	2,73	0,93	1459

Summe: 4922

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 31,81 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 44,31 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	31,81 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	61,15 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII.9. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone R10 (Ort: Hof)

**Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{161,13} \text{ W/K}$$

**Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

**Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Klimazone: **10** (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3847
Februar	-1,9	28	19	3316
März	1,5	31	19	3074
April	5,6	30	19	2278
Mai	10,6	31	19	1476
Juni	13,8	30	19	884
Juli	15,4	31	19	632
August	14,9	31	19	720
September	11,7	30	19	1241
Oktober	7,3	31	19	2055
November	1,9	30	19	2907
Dezember	-1,5	31	19	3601
Σ				26031 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
			Σ	31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 161,13$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 236,10 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3847	1925	0,50	25	2,54	0,91	2103
Februar	3316	2569	0,77	25	2,54	0,80	1257
März	3074	3500	1,14	25	2,54	0,67	731
April	2278	3986	1,75	25	2,54	0,50	274
Mai	1476	4419	2,99	25	2,54	0,32	62
Juni	884	4013	4,54	25	2,54	0,22	15
Juli	632	4391	6,94	25	2,54	0,14	4
August	720	4231	5,88	25	2,54	0,17	7
September	1241	3414	2,75	25	2,54	0,35	62
Oktober	2055	2985	1,45	25	2,54	0,57	339
November	2907	1863	0,64	25	2,54	0,85	1317
Dezember	3601	1429	0,40	25	2,54	0,94	2258

Summe: 8430

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 54,48 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 66,98 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	54,48 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	92,44 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3587
Februar	-1,9	28	19	3092
März	1,5	31	19	2866
April	5,6	30	19	2124
Mai	10,6	31	19	1376
Juni	13,8	30	19	824
Juli	15,4	31	19	590
August	14,9	31	19	671
September	11,7	30	19	1157
Oktober	7,3	31	19	1916
November	1,9	30	19	2710
Dezember	-1,5	31	19	3357
Σ				24271 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
			Σ	31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3587	1925	0,54	26	2,65	0,90	1853
Februar	3092	2569	0,83	26	2,65	0,79	1064
März	2866	3500	1,22	26	2,65	0,65	591
April	2124	3986	1,88	26	2,65	0,48	208
Mai	1376	4419	3,21	26	2,65	0,30	44
Juni	824	4013	4,87	26	2,65	0,20	10
Juli	590	4391	7,45	26	2,65	0,13	3
August	671	4231	6,30	26	2,65	0,16	4
September	1157	3414	2,95	26	2,65	0,33	44
Oktober	1916	2985	1,56	26	2,65	0,55	265
November	2710	1863	0,69	26	2,65	0,84	1137
Dezember	3357	1429	0,43	26	2,65	0,94	2018

Summe: 7242

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 46,80 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 59,30 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	46,80 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	81,84 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 134,95 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3420
Februar	-1,9	28	19	2948
März	1,5	31	19	2733
April	5,6	30	19	2025
Mai	10,6	31	19	1312
Juni	13,8	30	19	786
Juli	15,4	31	19	562
August	14,9	31	19	640
September	11,7	30	19	1103
Oktober	7,3	31	19	1827
November	1,9	30	19	2584
Dezember	-1,5	31	19	3202
Σ				23144 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
Σ				31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3420	1925	0,56	28	2,73	0,90	1694
Februar	2948	2569	0,87	28	2,73	0,78	945
März	2733	3500	1,28	28	2,73	0,64	506
April	2025	3986	1,97	28	2,73	0,47	171
Mai	1312	4419	3,37	28	2,73	0,29	34
Juni	786	4013	5,11	28	2,73	0,19	7
Juli	562	4391	7,81	28	2,73	0,13	2
August	640	4231	6,61	28	2,73	0,15	3
September	1103	3414	3,09	28	2,73	0,31	35
Oktober	1827	2985	1,63	28	2,73	0,54	221
November	2584	1863	0,72	28	2,73	0,84	1023
Dezember	3202	1429	0,45	28	2,73	0,94	1865

Summe: 6507

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 42,05 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 54,55 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	42,05 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	75,28 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



VIII.10. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone R13 (Ort: Freiburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,10	21,63
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,10	9,00
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,10	7,53
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				161,13

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{161,13} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **13** (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	3021
Februar	3,2	28	19	2507
März	6,6	31	19	2178
April	10,2	30	19	1496
Mai	14,4	31	19	808
Juni	17,7	30	19	221
Juli	19,9	31	19	-158
August	19,2	31	19	-35
September	16,2	30	19	476
Oktober	11,3	31	19	1353
November	6,0	30	19	2210
Dezember	2,7	31	19	2863
Σ				16939 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 161,13 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 161,13$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 236,10 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3021	1700	0,56	25	2,54	0,88	1520
Februar	2507	2272	0,91	25	2,54	0,75	799
März	2178	3285	1,51	25	2,54	0,56	338
April	1496	3832	2,56	25	2,54	0,37	87
Mai	808	4494	5,56	25	2,54	0,18	9
Juni	221	4666	21,12	25	2,54	0,05	0
Juli	-158	4944	-31,27	25	2,54	-	negativ
August	-35	4709	-134,05	25	2,54	-	negativ
September	476	3759	7,90	25	2,54	0,13	2
Oktober	1353	2891	2,14	25	2,54	0,43	113
November	2210	1954	0,88	25	2,54	0,76	725
Dezember	2863	1597	0,56	25	2,54	0,88	1450

Summe: 5043

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 32,59 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 45,09 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	32,59 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	62,23 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00	0,05	17,90
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00	0,05	6,96
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00	0,05	6,23
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				145,17

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherefähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	2817
Februar	3,2	28	19	2337
März	6,6	31	19	2031
April	10,2	30	19	1395
Mai	14,4	31	19	753
Juni	17,7	30	19	206
Juli	19,9	31	19	-147
August	19,2	31	19	-33
September	16,2	30	19	444
Oktober	11,3	31	19	1261
November	6,0	30	19	2060
Dezember	2,7	31	19	2670
Σ				15794 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 145,17 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 145,17$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 220,13 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2817	1700	0,60	26	2,65	0,88	1327
Februar	2337	2272	0,97	26	2,65	0,74	665
März	2031	3285	1,62	26	2,65	0,54	263
April	1395	3832	2,75	26	2,65	0,35	63
Mai	753	4494	5,96	26	2,65	0,17	6
Juni	206	4666	22,65	26	2,65	0,04	0
Juli	-147	4944	-33,54	26	2,65	-	negativ
August	-33	4709	-143,77	26	2,65	-	negativ
September	444	3759	8,47	26	2,65	0,12	1
Oktober	1261	2891	2,29	26	2,65	0,41	83
November	2060	1954	0,95	26	2,65	0,74	605
Dezember	2670	1597	0,60	26	2,65	0,88	1267

Summe: 4279

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 27,66 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 40,16 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	27,66 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	55,42 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,19	1,00		14,17
AW2 - Außenwand	40,92	0,12	1,00		4,91
AW3 - Außenwand	25,95	0,19	1,00		4,93
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				129,21

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 134,95 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	2686
Februar	3,2	28	19	2229
März	6,6	31	19	1937
April	10,2	30	19	1330
Mai	14,4	31	19	718
Juni	17,7	30	19	196
Juli	19,9	31	19	-141
August	19,2	31	19	-31
September	16,2	30	19	423
Oktober	11,3	31	19	1203
November	6,0	30	19	1965
Dezember	2,7	31	19	2546
Σ				15061 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 134,95 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 134,95$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 12,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 209,91 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2686	1700	0,63	28	2,73	0,87	1205
Februar	2229	2272	1,02	28	2,73	0,72	582
März	1937	3285	1,70	28	2,73	0,52	219
April	1330	3832	2,88	28	2,73	0,33	49
Mai	718	4494	6,26	28	2,73	0,16	4
Juni	196	4666	23,75	28	2,73	0,04	0
Juli	-141	4944	-35,17	28	2,73	-	negativ
August	-31	4709	-150,77	28	2,73	-	negativ
September	423	3759	8,88	28	2,73	0,11	1
Oktober	1203	2891	2,40	28	2,73	0,39	67
November	1965	1954	0,99	28	2,73	0,73	531
Dezember	2546	1597	0,63	28	2,73	0,87	1151

Summe: 3809

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 24,62 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 37,12 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	24,62 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	51,22 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX. Berechnung des Jahresheizwärmebe- darfs, nach DIN V4108-6, Variante C (Passivhaus)



IX. Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach DIN V4108-6, Variante C (Passivhaus)

IX.1. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone Deutschland

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone:

Deutschland

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	2130
Februar	0,6	28	19	1744
März	4,1	31	19	1564
April	9,5	30	19	965
Mai	12,9	31	19	640
Juni	15,7	30	19	335
Juli	18,0	31	19	105
August	18,3	31	19	73
September	14,4	30	19	467
Oktober	9,1	31	19	1039
November	4,7	30	19	1452
Dezember	1,3	31	19	1857
Σ				12372 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	158	2190	1471	520	1991
März	31	220	3049	2268	576	2844
April	30	451	6250	4500	557	5057
Mai	31	462	6403	4764	576	5339
Juni	30	529	7331	5278	557	5835
Juli	31	547	7581	5640	576	6216
August	31	412	5710	4248	576	4824
September	30	343	4754	3423	557	3980
Oktober	31	216	2993	2227	576	2803
November	30	128	1774	1277	557	1834
Dezember	31	73	1012	753	576	1328
Σ				37087	6777	43864



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 103,56$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 141,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2130	1813	0,85	51	4,21	0,87	558
Februar	1744	1991	1,14	51	4,21	0,75	248
März	1564	2844	1,82	51	4,21	0,53	59
April	965	5057	5,24	51	4,21	0,19	1
Mai	640	5339	8,34	51	4,21	0,12	0
Juni	335	5835	17,41	51	4,21	0,06	0
Juli	105	6216	59,23	51	4,21	0,02	0
August	73	4824	65,67	51	4,21	0,02	0
September	467	3980	8,52	51	4,21	0,12	0
Oktober	1039	2803	2,70	51	4,21	0,37	10
November	1452	1834	1,26	51	4,21	0,70	161
Dezember	1857	1328	0,72	51	4,21	0,92	641

Summe: 1677

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 10,84 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 23,34 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	10,84 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	32,21 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{87,60} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

$$V = \boxed{367} \text{ m}^3$$

$$n = \boxed{0,30} \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \boxed{0,34} \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = \boxed{37,48} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	1889
Februar	0,6	28	19	1547
März	4,1	31	19	1387
April	9,5	30	19	856
Mai	12,9	31	19	568
Juni	15,7	30	19	297
Juli	18,0	31	19	93
August	18,3	31	19	65
September	14,4	30	19	414
Oktober	9,1	31	19	921
November	4,7	30	19	1288
Dezember	1,3	31	19	1647
Σ				10972 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	158	2190	1471	520	1991
März	31	220	3049	2268	576	2844
April	30	451	6250	4500	557	5057
Mai	31	462	6403	4764	576	5339
Juni	30	529	7331	5278	557	5835
Juli	31	547	7581	5640	576	6216
August	31	412	5710	4248	576	4824
September	30	343	4754	3423	557	3980
Oktober	31	216	2993	2227	576	2803
November	30	128	1774	1277	557	1834
Dezember	31	73	1012	753	576	1328
			Σ	37087	6777	43864



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1889	1813	0,96	58	4,62	0,84	369
Februar	1547	1991	1,29	58	4,62	0,71	141
März	1387	2844	2,05	58	4,62	0,48	26
April	856	5057	5,91	58	4,62	0,17	0
Mai	568	5339	9,41	58	4,62	0,11	0
Juni	297	5835	19,64	58	4,62	0,05	0
Juli	93	6216	66,79	58	4,62	0,01	0
August	65	4824	74,05	58	4,62	0,01	0
September	414	3980	9,61	58	4,62	0,10	0
Oktober	921	2803	3,04	58	4,62	0,33	4
November	1288	1834	1,42	58	4,62	0,65	87
Dezember	1647	1328	0,81	58	4,62	0,90	454

Summe: 1081

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 6,99 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 19,49 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	6,99 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	26,89 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	1735
Februar	0,6	28	19	1420
März	4,1	31	19	1273
April	9,5	30	19	786
Mai	12,9	31	19	521
Juni	15,7	30	19	273
Juli	18,0	31	19	85
August	18,3	31	19	60
September	14,4	30	19	380
Oktober	9,1	31	19	846
November	4,7	30	19	1183
Dezember	1,3	31	19	1513
Σ				10075 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	158	2190	1471	520	1991
März	31	220	3049	2268	576	2844
April	30	451	6250	4500	557	5057
Mai	31	462	6403	4764	576	5339
Juni	30	529	7331	5278	557	5835
Juli	31	547	7581	5640	576	6216
August	31	412	5710	4248	576	4824
September	30	343	4754	3423	557	3980
Oktober	31	216	2993	2227	576	2803
November	30	128	1774	1277	557	1834
Dezember	31	73	1012	753	576	1328
			Σ	37087	6777	43864



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1735	1813	1,05	63	4,95	0,81	261
Februar	1420	1991	1,40	63	4,95	0,67	88
März	1273	2844	2,23	63	4,95	0,44	13
April	786	5057	6,44	63	4,95	0,16	0
Mai	521	5339	10,24	63	4,95	0,10	0
Juni	273	5835	21,38	63	4,95	0,05	0
Juli	85	6216	72,73	63	4,95	0,01	0
August	60	4824	80,64	63	4,95	0,01	0
September	380	3980	10,46	63	4,95	0,10	0
Oktober	846	2803	3,31	63	4,95	0,30	2
November	1183	1834	1,55	63	4,95	0,62	52
Dezember	1513	1328	0,88	63	4,95	0,88	342

Summe:	758
--------	-----

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 4,90 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 17,40 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	4,90 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	24,01 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX.2. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone R02 (Ort: Hamburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	1941
Februar	1,1	28	19	1697
März	3,7	31	19	1606
April	7,3	30	19	1188
Mai	12,2	31	19	714
Juni	15,5	30	19	355
Juli	16,8	31	19	231
August	16,6	31	19	252
September	13,5	30	19	559
Oktober	9,7	31	19	976
November	5,1	30	19	1412
Dezember	1,9	31	19	1794
Σ				12724 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	85	1178	876	576	1452
Februar	28	172	2384	1602	520	2122
März	31	232	3215	2392	576	2968
April	30	376	5211	3752	557	4309
Mai	31	467	6472	4815	576	5391
Juni	30	424	5876	4231	557	4788
Juli	31	444	6153	4578	576	5154
August	31	397	5502	4093	576	4669
September	30	287	3977	2864	557	3421
Oktober	31	193	2675	1990	576	2566
November	30	111	1538	1108	557	1665
Dezember	31	55	762	567	576	1143
			Σ	32868	6777	39645



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 103,56$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 141,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1941	1452	0,75	51	4,21	0,90	627
Februar	1697	2122	1,25	51	4,21	0,71	192
März	1606	2968	1,85	51	4,21	0,52	58
April	1188	4309	3,63	51	4,21	0,27	4
Mai	714	5391	7,55	51	4,21	0,13	0
Juni	355	4788	13,47	51	4,21	0,07	0
Juli	231	5154	22,32	51	4,21	0,04	0
August	252	4669	18,54	51	4,21	0,05	0
September	559	3421	6,12	51	4,21	0,16	0
Oktober	976	2566	2,63	51	4,21	0,38	10
November	1412	1665	1,18	51	4,21	0,74	186
Dezember	1794	1143	0,64	51	4,21	0,94	720

Summe: 1798

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 11,62 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 24,12 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	11,62 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	33,29 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	1722
Februar	1,1	28	19	1505
März	3,7	31	19	1424
April	7,3	30	19	1054
Mai	12,2	31	19	633
Juni	15,5	30	19	315
Juli	16,8	31	19	205
August	16,6	31	19	223
September	13,5	30	19	495
Oktober	9,7	31	19	865
November	5,1	30	19	1252
Dezember	1,9	31	19	1591



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	85	1178	876	576	1452
Februar	28	172	2384	1602	520	2122
März	31	232	3215	2392	576	2968
April	30	376	5211	3752	557	4309
Mai	31	467	6472	4815	576	5391
Juni	30	424	5876	4231	557	4788
Juli	31	444	6153	4578	576	5154
August	31	397	5502	4093	576	4669
September	30	287	3977	2864	557	3421
Oktober	31	193	2675	1990	576	2566
November	30	111	1538	1108	557	1665
Dezember	31	55	762	567	576	1143
			Σ	32868	6777	39645



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1722	1452	0,84	58	4,62	0,88	437
Februar	1505	2122	1,41	58	4,62	0,66	104
März	1424	2968	2,08	58	4,62	0,47	25
April	1054	4309	4,09	58	4,62	0,24	1
Mai	633	5391	8,52	58	4,62	0,12	0
Juni	315	4788	15,19	58	4,62	0,07	0
Juli	205	5154	25,17	58	4,62	0,04	0
August	223	4669	20,90	58	4,62	0,05	0
September	495	3421	6,91	58	4,62	0,14	0
Oktober	865	2566	2,96	58	4,62	0,34	4
November	1252	1665	1,33	58	4,62	0,69	104
Dezember	1591	1143	0,72	58	4,62	0,93	531

Summe: 1207

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 7,80 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 20,30 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	7,80 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	28,02 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	1581
Februar	1,1	28	19	1382
März	3,7	31	19	1307
April	7,3	30	19	968
Mai	12,2	31	19	581
Juni	15,5	30	19	289
Juli	16,8	31	19	188
August	16,6	31	19	205
September	13,5	30	19	455
Oktober	9,7	31	19	795
November	5,1	30	19	1150
Dezember	1,9	31	19	1461
Σ				10362 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	85	1178	876	576	1452
Februar	28	172	2384	1602	520	2122
März	31	232	3215	2392	576	2968
April	30	376	5211	3752	557	4309
Mai	31	467	6472	4815	576	5391
Juni	30	424	5876	4231	557	4788
Juli	31	444	6153	4578	576	5154
August	31	397	5502	4093	576	4669
September	30	287	3977	2864	557	3421
Oktober	31	193	2675	1990	576	2566
November	30	111	1538	1108	557	1665
Dezember	31	55	762	567	576	1143
			Σ	32868	6777	39645



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1581	1452	0,92	63	4,95	0,87	325
Februar	1382	2122	1,54	63	4,95	0,62	63
März	1307	2968	2,27	63	4,95	0,44	13
April	968	4309	4,45	63	4,95	0,22	0
Mai	581	5391	9,28	63	4,95	0,11	0
Juni	289	4788	16,54	63	4,95	0,06	0
Juli	188	5154	27,41	63	4,95	0,04	0
August	205	4669	22,77	63	4,95	0,04	0
September	455	3421	7,52	63	4,95	0,13	0
Oktober	795	2566	3,23	63	4,95	0,31	2
November	1150	1665	1,45	63	4,95	0,65	64
Dezember	1461	1143	0,78	63	4,95	0,92	415

Summe: 881

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 5,69 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 18,19 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	5,69 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	25,11 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX.3. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone R07 (Ort: Essen)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{103,56} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$n = \boxed{0,30} \text{ h}^{-1}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{37,48} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **7** (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	1794
Februar	2,5	28	19	1564
März	5,1	31	19	1459
April	8,5	30	19	1066
Mai	12,9	31	19	640
Juni	15,7	30	19	335
Juli	17,4	31	19	168
August	17,2	31	19	189
September	14,4	30	19	467
Oktober	10,7	31	19	871
November	5,7	30	19	1351
Dezember	2,9	31	19	1689
Σ				11594 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1261	938	576	1514
Februar	28	181	2508	1686	520	2206
März	31	234	3243	2413	576	2988
April	30	360	4989	3592	557	4149
Mai	31	413	5724	4258	576	4834
Juni	30	404	5599	4031	557	4588
Juli	31	430	5959	4434	576	5009
August	31	317	4393	3269	576	3844
September	30	279	3867	2784	557	3341
Oktober	31	207	2869	2134	576	2710
November	30	113	1566	1128	557	1685
Dezember	31	59	818	608	576	1184
			Σ	31275	6777	38052



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 103,56$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 141,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1794	1514	0,84	51	4,21	0,87	477
Februar	1564	2206	1,41	51	4,21	0,65	128
März	1459	2988	2,05	51	4,21	0,48	37
April	1066	4149	3,89	51	4,21	0,26	3
Mai	640	4834	7,55	51	4,21	0,13	0
Juni	335	4588	13,69	51	4,21	0,07	0
Juli	168	5009	29,83	51	4,21	0,03	0
August	189	3844	20,35	51	4,21	0,05	0
September	467	3341	7,15	51	4,21	0,14	0
Oktober	871	2710	3,11	51	4,21	0,32	5
November	1351	1685	1,25	51	4,21	0,71	154
Dezember	1689	1184	0,70	51	4,21	0,92	599

Summe: 1404

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 9,08 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 21,58 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	9,08 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	29,77 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	1591
Februar	2,5	28	19	1387
März	5,1	31	19	1294
April	8,5	30	19	946
Mai	12,9	31	19	568
Juni	15,7	30	19	297
Juli	17,4	31	19	149
August	17,2	31	19	168
September	14,4	30	19	414
Oktober	10,7	31	19	772
November	5,7	30	19	1198
Dezember	2,9	31	19	1498
Σ				10282 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	91	1261	938	576	1514
Februar	28	181	2508	1686	520	2206
März	31	234	3243	2413	576	2988
April	30	360	4989	3592	557	4149
Mai	31	413	5724	4258	576	4834
Juni	30	404	5599	4031	557	4588
Juli	31	430	5959	4434	576	5009
August	31	317	4393	3269	576	3844
September	30	279	3867	2784	557	3341
Oktober	31	207	2869	2134	576	2710
November	30	113	1566	1128	557	1685
Dezember	31	59	818	608	576	1184
Σ				31275	6777	38052



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1591	1514	0,95	58	4,62	0,84	317
Februar	1387	2206	1,59	58	4,62	0,60	65
März	1294	2988	2,31	58	4,62	0,43	15
April	946	4149	4,39	58	4,62	0,23	1
Mai	568	4834	8,52	58	4,62	0,12	0
Juni	297	4588	15,44	58	4,62	0,06	0
Juli	149	5009	33,64	58	4,62	0,03	0
August	168	3844	22,95	58	4,62	0,04	0
September	414	3341	8,06	58	4,62	0,12	0
Oktober	772	2710	3,51	58	4,62	0,28	2
November	1198	1685	1,41	58	4,62	0,66	84
Dezember	1498	1184	0,79	58	4,62	0,90	428

Summe: 912

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 5,89 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 18,39 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	5,89 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	25,38 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	1461
Februar	2,5	28	19	1274
März	5,1	31	19	1188
April	8,5	30	19	868
Mai	12,9	31	19	521
Juni	15,7	30	19	273
Juli	17,4	31	19	137
August	17,2	31	19	154
September	14,4	30	19	380
Oktober	10,7	31	19	709
November	5,7	30	19	1100
Dezember	2,9	31	19	1376
Σ				9441 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	91	1261	938	576	1514
Februar	28	181	2508	1686	520	2206
März	31	234	3243	2413	576	2988
April	30	360	4989	3592	557	4149
Mai	31	413	5724	4258	576	4834
Juni	30	404	5599	4031	557	4588
Juli	31	430	5959	4434	576	5009
August	31	317	4393	3269	576	3844
September	30	279	3867	2784	557	3341
Oktober	31	207	2869	2134	576	2710
November	30	113	1566	1128	557	1685
Dezember	31	59	818	608	576	1184
			Σ	31275	6777	38052



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1461	1514	1,04	63	4,95	0,82	225
Februar	1274	2206	1,73	63	4,95	0,56	37
März	1188	2988	2,52	63	4,95	0,39	7
April	868	4149	4,78	63	4,95	0,21	0
Mai	521	4834	9,27	63	4,95	0,11	0
Juni	273	4588	16,81	63	4,95	0,06	0
Juli	137	5009	36,64	63	4,95	0,03	0
August	154	3844	24,99	63	4,95	0,04	0
September	380	3341	8,78	63	4,95	0,11	0
Oktober	709	2710	3,82	63	4,95	0,26	1
November	1100	1685	1,53	63	4,95	0,62	50
Dezember	1376	1184	0,86	63	4,95	0,89	325

Summe: 645

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 4,17 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 16,67 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	4,17 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	23,01 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX.4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone R10 (Ort: Hof)

**Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{103,56} \text{ W/K}$$

**Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$n = \boxed{0,30} \text{ h}^{-1}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{37,48} \text{ W/K}$$

**Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Klimazone: **10** (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	2298
Februar	-1,9	28	19	1981
März	1,5	31	19	1836
April	5,6	30	19	1361
Mai	10,6	31	19	881
Juni	13,8	30	19	528
Juli	15,4	31	19	378
August	14,9	31	19	430
September	11,7	30	19	741
Oktober	7,3	31	19	1228
November	1,9	30	19	1737
Dezember	-1,5	31	19	2151
Σ				15551 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1996	1485	576	2060
Februar	28	242	3354	2254	520	2774
März	31	312	4324	3217	576	3793
April	30	378	5239	3772	557	4329
Mai	31	410	5682	4227	576	4803
Juni	30	381	5280	3802	557	4359
Juli	31	407	5640	4196	576	4772
August	31	390	5405	4021	576	4597
September	30	315	4365	3143	557	3700
Oktober	31	257	3562	2650	576	3225
November	30	144	1996	1437	557	1994
Dezember	31	91	1261	938	576	1514
Σ				35142	6777	41919



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 103,56$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 141,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2298	2060	0,90	51	4,21	0,85	548
Februar	1981	2774	1,40	51	4,21	0,65	166
März	1836	3793	2,07	51	4,21	0,47	46
April	1361	4329	3,18	51	4,21	0,31	7
Mai	881	4803	5,45	51	4,21	0,18	1
Juni	528	4359	8,25	51	4,21	0,12	0
Juli	378	4772	12,63	51	4,21	0,08	0
August	430	4597	10,68	51	4,21	0,09	0
September	741	3700	4,99	51	4,21	0,20	1
Oktober	1228	3225	2,63	51	4,21	0,38	13
November	1737	1994	1,15	51	4,21	0,75	244
Dezember	2151	1514	0,70	51	4,21	0,92	759

Summe: 1783

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 11,52 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 24,02 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	11,52 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	33,15 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	2038
Februar	-1,9	28	19	1757
März	1,5	31	19	1629
April	5,6	30	19	1207
Mai	10,6	31	19	782
Juni	13,8	30	19	468
Juli	15,4	31	19	335
August	14,9	31	19	382
September	11,7	30	19	657
Oktober	7,3	31	19	1089
November	1,9	30	19	1540
Dezember	-1,5	31	19	1908
Σ				13791 kWh/a



Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fensterfläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergiedurchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungsfaktor für Rahmen F_F -	Abminderungsfaktor für Verschattung F_S -	Abminderungsfaktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärmegewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	144	1996	1485	576	2060
Februar	28	242	3354	2254	520	2774
März	31	312	4324	3217	576	3793
April	30	378	5239	3772	557	4329
Mai	31	410	5682	4227	576	4803
Juni	30	381	5280	3802	557	4359
Juli	31	407	5640	4196	576	4772
August	31	390	5405	4021	576	4597
September	30	315	4365	3143	557	3700
Oktober	31	257	3562	2650	576	3225
November	30	144	1996	1437	557	1994
Dezember	31	91	1261	938	576	1514
Σ				35142	6777	41919



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2038	2060	1,01	58	4,62	0,82	353
Februar	1757	2774	1,58	58	4,62	0,60	84
März	1629	3793	2,33	58	4,62	0,42	19
April	1207	4329	3,59	58	4,62	0,28	2
Mai	782	4803	6,14	58	4,62	0,16	0
Juni	468	4359	9,31	58	4,62	0,11	0
Juli	335	4772	14,24	58	4,62	0,07	0
August	382	4597	12,05	58	4,62	0,08	0
September	657	3700	5,63	58	4,62	0,18	0
Oktober	1089	3225	2,96	58	4,62	0,34	5
November	1540	1994	1,29	58	4,62	0,70	139
Dezember	1908	1514	0,79	58	4,62	0,90	541

Summe:	1144
--------	------

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 7,39 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 19,89 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	7,39 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	27,45 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherefähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	1871
Februar	-1,9	28	19	1613
März	1,5	31	19	1495
April	5,6	30	19	1108
Mai	10,6	31	19	718
Juni	13,8	30	19	430
Juli	15,4	31	19	308
August	14,9	31	19	350
September	11,7	30	19	604
Oktober	7,3	31	19	1000
November	1,9	30	19	1414
Dezember	-1,5	31	19	1752
Σ				12664 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 \cdot g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 \cdot V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	144	1996	1485	576	2060
Februar	28	242	3354	2254	520	2774
März	31	312	4324	3217	576	3793
April	30	378	5239	3772	557	4329
Mai	31	410	5682	4227	576	4803
Juni	30	381	5280	3802	557	4359
Juli	31	407	5640	4196	576	4772
August	31	390	5405	4021	576	4597
September	30	315	4365	3143	557	3700
Oktober	31	257	3562	2650	576	3225
November	30	144	1996	1437	557	1994
Dezember	31	91	1261	938	576	1514
Σ				35142	6777	41919



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1871	2060	1,10	63	4,95	0,79	245
Februar	1613	2774	1,72	63	4,95	0,56	48
März	1495	3793	2,54	63	4,95	0,39	9
April	1108	4329	3,91	63	4,95	0,26	1
Mai	718	4803	6,69	63	4,95	0,15	0
Juni	430	4359	10,14	63	4,95	0,10	0
Juli	308	4772	15,51	63	4,95	0,06	0
August	350	4597	13,12	63	4,95	0,08	0
September	604	3700	6,13	63	4,95	0,16	0
Oktober	1000	3225	3,23	63	4,95	0,31	2
November	1414	1994	1,41	63	4,95	0,67	86
Dezember	1752	1514	0,86	63	4,95	0,89	410

Summe: 802

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 5,18 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 17,68 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	5,18 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	24,40 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX.5. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 15 Wh/m³K, Klimazone R13 (Ort: Freiburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	1805
Februar	3,2	28	19	1498
März	6,6	31	19	1301
April	10,2	30	19	894
Mai	14,4	31	19	483
Juni	17,7	30	19	132
Juli	19,9	31	19	-94
August	19,2	31	19	-21
September	16,2	30	19	284
Oktober	11,3	31	19	808
November	6,0	30	19	1320
Dezember	2,7	31	19	1710
Σ				10120 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	207	2869	1928	520	2448
März	31	289	4005	2980	576	3555
April	30	361	5003	3602	557	4159
Mai	31	418	5793	4310	576	4886
Juni	30	453	6278	4520	557	5077
Juli	31	466	6458	4805	576	5380
August	31	441	6112	4547	576	5123
September	30	353	4892	3522	557	4079
Oktober	31	247	3423	2547	576	3122
November	30	154	2134	1537	557	2094
Dezember	31	109	1511	1124	576	1699
Σ				36659	6777	43436



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$H_T = 103,56$

$H_V = 37,48$

$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$

$V_e = 483,53 \text{ m}^3$

$H = 141,05 \text{ W/K}$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1805	1813	1,00	51	4,21	0,81	343
Februar	1498	2448	1,63	51	4,21	0,58	79
März	1301	3555	2,73	51	4,21	0,36	12
April	894	4159	4,65	51	4,21	0,21	1
Mai	483	4886	10,12	51	4,21	0,10	0
Juni	132	5077	38,46	51	4,21	0,03	0
Juli	-94	5380	-56,97	51	4,21	-	negativ
August	-21	5123	-244,08	51	4,21	-	negativ
September	284	4079	14,35	51	4,21	0,07	0
Oktober	808	3122	3,86	51	4,21	0,26	2
November	1320	2094	1,59	51	4,21	0,59	77
Dezember	1710	1699	0,99	51	4,21	0,81	333

Summe: 847

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$

$Q_h = 5,47 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 17,97 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	5,47 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	24,80 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{87,60} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

$$V = \boxed{367} \text{ m}^3$$

$$n = \boxed{0,30} \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \boxed{0,34} \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = \boxed{37,48} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **13** (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	1601
Februar	3,2	28	19	1328
März	6,6	31	19	1154
April	10,2	30	19	793
Mai	14,4	31	19	428
Juni	17,7	30	19	117
Juli	19,9	31	19	-84
August	19,2	31	19	-19
September	16,2	30	19	252
Oktober	11,3	31	19	717
November	6,0	30	19	1171
Dezember	2,7	31	19	1517
Σ				8974 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	207	2869	1928	520	2448
März	31	289	4005	2980	576	3555
April	30	361	5003	3602	557	4159
Mai	31	418	5793	4310	576	4886
Juni	30	453	6278	4520	557	5077
Juli	31	466	6458	4805	576	5380
August	31	441	6112	4547	576	5123
September	30	353	4892	3522	557	4079
Oktober	31	247	3423	2547	576	3122
November	30	154	2134	1537	557	2094
Dezember	31	109	1511	1124	576	1699
Σ				36659	6777	43436



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1601	1813	1,13	58	4,62	0,77	209
Februar	1328	2448	1,84	58	4,62	0,53	37
März	1154	3555	3,08	58	4,62	0,32	4
April	793	4159	5,25	58	4,62	0,19	0
Mai	428	4886	11,41	58	4,62	0,09	0
Juni	117	5077	43,37	58	4,62	0,02	0
Juli	-84	5380	-64,24	58	4,62	-	negativ
August	-19	5123	-275,23	58	4,62	-	negativ
September	252	4079	16,18	58	4,62	0,06	0
Oktober	717	3122	4,36	58	4,62	0,23	1
November	1171	2094	1,79	58	4,62	0,54	36
Dezember	1517	1699	1,12	58	4,62	0,77	204

Summe: 492

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 3,18 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 15,68 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	3,18 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	21,64 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherefähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	1470
Februar	3,2	28	19	1220
März	6,6	31	19	1060
April	10,2	30	19	728
Mai	14,4	31	19	393
Juni	17,7	30	19	108
Juli	19,9	31	19	-77
August	19,2	31	19	-17
September	16,2	30	19	232
Oktober	11,3	31	19	658
November	6,0	30	19	1075
Dezember	2,7	31	19	1393
Σ				8241 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	207	2869	1928	520	2448
März	31	289	4005	2980	576	3555
April	30	361	5003	3602	557	4159
Mai	31	418	5793	4310	576	4886
Juni	30	453	6278	4520	557	5077
Juli	31	466	6458	4805	576	5380
August	31	441	6112	4547	576	5123
September	30	353	4892	3522	557	4079
Oktober	31	247	3423	2547	576	3122
November	30	154	2134	1537	557	2094
Dezember	31	109	1511	1124	576	1699
Σ				36659	6777	43436



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 15,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1470	1813	1,23	63	4,95	0,73	138
Februar	1220	2448	2,01	63	4,95	0,49	20
März	1060	3555	3,36	63	4,95	0,30	2
April	728	4159	5,72	63	4,95	0,17	0
Mai	393	4886	12,43	63	4,95	0,08	0
Juni	108	5077	47,23	63	4,95	0,02	0
Juli	-77	5380	-69,96	63	4,95	-	negativ
August	-17	5123	-299,72	63	4,95	-	negativ
September	232	4079	17,62	63	4,95	0,06	0
Oktober	658	3122	4,75	63	4,95	0,21	0
November	1075	2094	1,95	63	4,95	0,50	20
Dezember	1393	1699	1,22	63	4,95	0,74	135

Summe: 315

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 2,04 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 14,54 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	2,04 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	20,06 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX.6. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone Deutschland

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	2130
Februar	0,6	28	19	1744
März	4,1	31	19	1564
April	9,5	30	19	965
Mai	12,9	31	19	640
Juni	15,7	30	19	335
Juli	18,0	31	19	105
August	18,3	31	19	73
September	14,4	30	19	467
Oktober	9,1	31	19	1039
November	4,7	30	19	1452
Dezember	1,3	31	19	1857
Σ				12372 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	158	2190	1471	520	1991
März	31	220	3049	2268	576	2844
April	30	451	6250	4500	557	5057
Mai	31	462	6403	4764	576	5339
Juni	30	529	7331	5278	557	5835
Juli	31	547	7581	5640	576	6216
August	31	412	5710	4248	576	4824
September	30	343	4754	3423	557	3980
Oktober	31	216	2993	2227	576	2803
November	30	128	1774	1277	557	1834
Dezember	31	73	1012	753	576	1328
			Σ	37087	6777	43864



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 103,56$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 141,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2130	1813	0,85	41	3,57	0,84	608
Februar	1744	1991	1,14	41	3,57	0,73	297
März	1564	2844	1,82	41	3,57	0,52	89
April	965	5057	5,24	41	3,57	0,19	2
Mai	640	5339	8,34	41	3,57	0,12	0
Juni	335	5835	17,41	41	3,57	0,06	0
Juli	105	6216	59,23	41	3,57	0,02	0
August	73	4824	65,67	41	3,57	0,02	0
September	467	3980	8,52	41	3,57	0,12	0
Oktober	1039	2803	2,70	41	3,57	0,36	19
November	1452	1834	1,26	41	3,57	0,68	200
Dezember	1857	1328	0,72	41	3,57	0,89	675

Summe: 1891

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 12,22 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 24,72 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	12,22 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	34,11 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{87,60} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

$$V = \boxed{367} \text{ m}^3$$

$$n = \boxed{0,30} \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \boxed{0,34} \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = \boxed{37,48} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone:

Deutschland

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	1889
Februar	0,6	28	19	1547
März	4,1	31	19	1387
April	9,5	30	19	856
Mai	12,9	31	19	568
Juni	15,7	30	19	297
Juli	18,0	31	19	93
August	18,3	31	19	65
September	14,4	30	19	414
Oktober	9,1	31	19	921
November	4,7	30	19	1288
Dezember	1,3	31	19	1647
Σ				10972 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	158	2190	1471	520	1991
März	31	220	3049	2268	576	2844
April	30	451	6250	4500	557	5057
Mai	31	462	6403	4764	576	5339
Juni	30	529	7331	5278	557	5835
Juli	31	547	7581	5640	576	6216
August	31	412	5710	4248	576	4824
September	30	343	4754	3423	557	3980
Oktober	31	216	2993	2227	576	2803
November	30	128	1774	1277	557	1834
Dezember	31	73	1012	753	576	1328
			Σ	37087	6777	43864



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1889	1813	0,96	46	3,90	0,81	417
Februar	1547	1991	1,29	46	3,90	0,69	182
März	1387	2844	2,05	46	3,90	0,47	44
April	856	5057	5,91	46	3,90	0,17	1
Mai	568	5339	9,41	46	3,90	0,11	0
Juni	297	5835	19,64	46	3,90	0,05	0
Juli	93	6216	66,79	46	3,90	0,01	0
August	65	4824	74,05	46	3,90	0,01	0
September	414	3980	9,61	46	3,90	0,10	0
Oktober	921	2803	3,04	46	3,90	0,33	8
November	1288	1834	1,42	46	3,90	0,64	117
Dezember	1647	1328	0,81	46	3,90	0,87	489

Summe: 1259

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 8,14 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 20,64 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	8,14 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	28,48 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone:

Deutschland

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	1735
Februar	0,6	28	19	1420
März	4,1	31	19	1273
April	9,5	30	19	786
Mai	12,9	31	19	521
Juni	15,7	30	19	273
Juli	18,0	31	19	85
August	18,3	31	19	60
September	14,4	30	19	380
Oktober	9,1	31	19	846
November	4,7	30	19	1183
Dezember	1,3	31	19	1513
Σ				10075 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	158	2190	1471	520	1991
März	31	220	3049	2268	576	2844
April	30	451	6250	4500	557	5057
Mai	31	462	6403	4764	576	5339
Juni	30	529	7331	5278	557	5835
Juli	31	547	7581	5640	576	6216
August	31	412	5710	4248	576	4824
September	30	343	4754	3423	557	3980
Oktober	31	216	2993	2227	576	2803
November	30	128	1774	1277	557	1834
Dezember	31	73	1012	753	576	1328
			Σ	37087	6777	43864



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1735	1813	1,05	51	4,16	0,79	306
Februar	1420	1991	1,40	51	4,16	0,65	121
März	1273	2844	2,23	51	4,16	0,44	25
April	786	5057	6,44	51	4,16	0,16	0
Mai	521	5339	10,24	51	4,16	0,10	0
Juni	273	5835	21,38	51	4,16	0,05	0
Juli	85	6216	72,73	51	4,16	0,01	0
August	60	4824	80,64	51	4,16	0,01	0
September	380	3980	10,46	51	4,16	0,10	0
Oktober	846	2803	3,31	51	4,16	0,30	4
November	1183	1834	1,55	51	4,16	0,60	76
Dezember	1513	1328	0,88	51	4,16	0,85	377

Summe: 910

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 5,88 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 18,38 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	5,88 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	25,37 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX.7. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone R02 (Ort: Hamburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	1941
Februar	1,1	28	19	1697
März	3,7	31	19	1606
April	7,3	30	19	1188
Mai	12,2	31	19	714
Juni	15,5	30	19	355
Juli	16,8	31	19	231
August	16,6	31	19	252
September	13,5	30	19	559
Oktober	9,7	31	19	976
November	5,1	30	19	1412
Dezember	1,9	31	19	1794
Σ				12724 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	85	1178	876	576	1452
Februar	28	172	2384	1602	520	2122
März	31	232	3215	2392	576	2968
April	30	376	5211	3752	557	4309
Mai	31	467	6472	4815	576	5391
Juni	30	424	5876	4231	557	4788
Juli	31	444	6153	4578	576	5154
August	31	397	5502	4093	576	4669
September	30	287	3977	2864	557	3421
Oktober	31	193	2675	1990	576	2566
November	30	111	1538	1108	557	1665
Dezember	31	55	762	567	576	1143
			Σ	32868	6777	39645



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 103,56$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 141,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1941	1452	0,75	41	3,57	0,88	666
Februar	1697	2122	1,25	41	3,57	0,69	239
März	1606	2968	1,85	41	3,57	0,51	87
April	1188	4309	3,63	41	3,57	0,27	9
Mai	714	5391	7,55	41	3,57	0,13	0
Juni	355	4788	13,47	41	3,57	0,07	0
Juli	231	5154	22,32	41	3,57	0,04	0
August	252	4669	18,54	41	3,57	0,05	0
September	559	3421	6,12	41	3,57	0,16	1
Oktober	976	2566	2,63	41	3,57	0,37	19
November	1412	1665	1,18	41	3,57	0,71	225
Dezember	1794	1143	0,64	41	3,57	0,92	747

Summe: 1993

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 12,88 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 25,38 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	12,88 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	35,03 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{87,60} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

$$V = \boxed{367} \text{ m}^3$$

$$n = \boxed{0,30} \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \boxed{0,34} \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = \boxed{37,48} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **2** (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	1722
Februar	1,1	28	19	1505
März	3,7	31	19	1424
April	7,3	30	19	1054
Mai	12,2	31	19	633
Juni	15,5	30	19	315
Juli	16,8	31	19	205
August	16,6	31	19	223
September	13,5	30	19	495
Oktober	9,7	31	19	865
November	5,1	30	19	1252
Dezember	1,9	31	19	1591
Σ				11284 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	85	1178	876	576	1452
Februar	28	172	2384	1602	520	2122
März	31	232	3215	2392	576	2968
April	30	376	5211	3752	557	4309
Mai	31	467	6472	4815	576	5391
Juni	30	424	5876	4231	557	4788
Juli	31	444	6153	4578	576	5154
August	31	397	5502	4093	576	4669
September	30	287	3977	2864	557	3421
Oktober	31	193	2675	1990	576	2566
November	30	111	1538	1108	557	1665
Dezember	31	55	762	567	576	1143
Σ				32868	6777	39645



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1722	1452	0,84	46	3,90	0,86	476
Februar	1505	2122	1,41	46	3,90	0,64	141
März	1424	2968	2,08	46	3,90	0,47	43
April	1054	4309	4,09	46	3,90	0,24	3
Mai	633	5391	8,52	46	3,90	0,12	0
Juni	315	4788	15,19	46	3,90	0,07	0
Juli	205	5154	25,17	46	3,90	0,04	0
August	223	4669	20,90	46	3,90	0,05	0
September	495	3421	6,91	46	3,90	0,14	0
Oktober	865	2566	2,96	46	3,90	0,33	8
November	1252	1665	1,33	46	3,90	0,67	136
Dezember	1591	1143	0,72	46	3,90	0,90	559

Summe: 1367

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 8,84 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 21,34 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	8,84 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	29,45 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	1581
Februar	1,1	28	19	1382
März	3,7	31	19	1307
April	7,3	30	19	968
Mai	12,2	31	19	581
Juni	15,5	30	19	289
Juli	16,8	31	19	188
August	16,6	31	19	205
September	13,5	30	19	455
Oktober	9,7	31	19	795
November	5,1	30	19	1150
Dezember	1,9	31	19	1461
Σ				10362 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	85	1178	876	576	1452
Februar	28	172	2384	1602	520	2122
März	31	232	3215	2392	576	2968
April	30	376	5211	3752	557	4309
Mai	31	467	6472	4815	576	5391
Juni	30	424	5876	4231	557	4788
Juli	31	444	6153	4578	576	5154
August	31	397	5502	4093	576	4669
September	30	287	3977	2864	557	3421
Oktober	31	193	2675	1990	576	2566
November	30	111	1538	1108	557	1665
Dezember	31	55	762	567	576	1143
			Σ	32868	6777	39645



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1581	1452	0,92	51	4,16	0,84	363
Februar	1382	2122	1,54	51	4,16	0,61	91
März	1307	2968	2,27	51	4,16	0,43	25
April	968	4309	4,45	51	4,16	0,22	2
Mai	581	5391	9,28	51	4,16	0,11	0
Juni	289	4788	16,54	51	4,16	0,06	0
Juli	188	5154	27,41	51	4,16	0,04	0
August	205	4669	22,77	51	4,16	0,04	0
September	455	3421	7,52	51	4,16	0,13	0
Oktober	795	2566	3,23	51	4,16	0,31	4
November	1150	1665	1,45	51	4,16	0,64	90
Dezember	1461	1143	0,78	51	4,16	0,89	443

Summe: 1017

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 6,57 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 19,07 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	6,57 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	26,32 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX.8. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone R07 (Ort: Essen)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	1794
Februar	2,5	28	19	1564
März	5,1	31	19	1459
April	8,5	30	19	1066
Mai	12,9	31	19	640
Juni	15,7	30	19	335
Juli	17,4	31	19	168
August	17,2	31	19	189
September	14,4	30	19	467
Oktober	10,7	31	19	871
November	5,7	30	19	1351
Dezember	2,9	31	19	1689
Σ				11594 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	91	1261	938	576	1514
Februar	28	181	2508	1686	520	2206
März	31	234	3243	2413	576	2988
April	30	360	4989	3592	557	4149
Mai	31	413	5724	4258	576	4834
Juni	30	404	5599	4031	557	4588
Juli	31	430	5959	4434	576	5009
August	31	317	4393	3269	576	3844
September	30	279	3867	2784	557	3341
Oktober	31	207	2869	2134	576	2710
November	30	113	1566	1128	557	1685
Dezember	31	59	818	608	576	1184
Σ				31275	6777	38052



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 103,56$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 141,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1794	1514	0,84	41	3,57	0,84	519
Februar	1564	2206	1,41	41	3,57	0,63	168
März	1459	2988	2,05	41	3,57	0,47	60
April	1066	4149	3,89	41	3,57	0,26	6
Mai	640	4834	7,55	41	3,57	0,13	0
Juni	335	4588	13,69	41	3,57	0,07	0
Juli	168	5009	29,83	41	3,57	0,03	0
August	189	3844	20,35	41	3,57	0,05	0
September	467	3341	7,15	41	3,57	0,14	0
Oktober	871	2710	3,11	41	3,57	0,32	10
November	1351	1685	1,25	41	3,57	0,69	191
Dezember	1689	1184	0,70	41	3,57	0,90	629

Summe: 1586

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 10,25 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 22,75 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	10,25 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	31,39 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	1591
Februar	2,5	28	19	1387
März	5,1	31	19	1294
April	8,5	30	19	946
Mai	12,9	31	19	568
Juni	15,7	30	19	297
Juli	17,4	31	19	149
August	17,2	31	19	168
September	14,4	30	19	414
Oktober	10,7	31	19	772
November	5,7	30	19	1198
Dezember	2,9	31	19	1498
Σ				10282 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1261	938	576	1514
Februar	28	181	2508	1686	520	2206
März	31	234	3243	2413	576	2988
April	30	360	4989	3592	557	4149
Mai	31	413	5724	4258	576	4834
Juni	30	404	5599	4031	557	4588
Juli	31	430	5959	4434	576	5009
August	31	317	4393	3269	576	3844
September	30	279	3867	2784	557	3341
Oktober	31	207	2869	2134	576	2710
November	30	113	1566	1128	557	1685
Dezember	31	59	818	608	576	1184
			Σ	31275	6777	38052



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1591	1514	0,95	46	3,90	0,82	357
Februar	1387	2206	1,59	46	3,90	0,59	94
März	1294	2988	2,31	46	3,90	0,42	28
April	946	4149	4,39	46	3,90	0,23	2
Mai	568	4834	8,52	46	3,90	0,12	0
Juni	297	4588	15,44	46	3,90	0,06	0
Juli	149	5009	33,64	46	3,90	0,03	0
August	168	3844	22,95	46	3,90	0,04	0
September	414	3341	8,06	46	3,90	0,12	0
Oktober	772	2710	3,51	46	3,90	0,28	4
November	1198	1685	1,41	46	3,90	0,64	113
Dezember	1498	1184	0,79	46	3,90	0,88	459

Summe: 1058

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 6,84 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 19,34 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	6,84 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	26,69 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	1461
Februar	2,5	28	19	1274
März	5,1	31	19	1188
April	8,5	30	19	868
Mai	12,9	31	19	521
Juni	15,7	30	19	273
Juli	17,4	31	19	137
August	17,2	31	19	154
September	14,4	30	19	380
Oktober	10,7	31	19	709
November	5,7	30	19	1100
Dezember	2,9	31	19	1376
Σ				9441 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	91	1261	938	576	1514
Februar	28	181	2508	1686	520	2206
März	31	234	3243	2413	576	2988
April	30	360	4989	3592	557	4149
Mai	31	413	5724	4258	576	4834
Juni	30	404	5599	4031	557	4588
Juli	31	430	5959	4434	576	5009
August	31	317	4393	3269	576	3844
September	30	279	3867	2784	557	3341
Oktober	31	207	2869	2134	576	2710
November	30	113	1566	1128	557	1685
Dezember	31	59	818	608	576	1184
			Σ	31275	6777	38052



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1461	1514	1,04	51	4,16	0,79	263
Februar	1274	2206	1,73	51	4,16	0,55	58
März	1188	2988	2,52	51	4,16	0,39	16
April	868	4149	4,78	51	4,16	0,21	1
Mai	521	4834	9,27	51	4,16	0,11	0
Juni	273	4588	16,81	51	4,16	0,06	0
Juli	137	5009	36,64	51	4,16	0,03	0
August	154	3844	24,99	51	4,16	0,04	0
September	380	3341	8,78	51	4,16	0,11	0
Oktober	709	2710	3,82	51	4,16	0,26	2
November	1100	1685	1,53	51	4,16	0,61	73
Dezember	1376	1184	0,86	51	4,16	0,86	356

Summe: 769

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 4,97 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 17,47 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	4,97 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	24,11 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX.9. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone R10 (Ort: Hof)

**Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{103,56} \text{ W/K}$$

**Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$n = \boxed{0,30} \text{ h}^{-1}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{37,48} \text{ W/K}$$

**Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Klimazone: **10** (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	2298
Februar	-1,9	28	19	1981
März	1,5	31	19	1836
April	5,6	30	19	1361
Mai	10,6	31	19	881
Juni	13,8	30	19	528
Juli	15,4	31	19	378
August	14,9	31	19	430
September	11,7	30	19	741
Oktober	7,3	31	19	1228
November	1,9	30	19	1737
Dezember	-1,5	31	19	2151
Σ				15551 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn: $\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i)$ ($I_{s,M,j}$) aus DIN 4108-6 Tabelle D.5

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$V_e = 483,53 m^3$$

$$A_N = 155 m^2$$

$$q_{i,M} = 5 W/m^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	144	1996	1485	576	2060
Februar	28	242	3354	2254	520	2774
März	31	312	4324	3217	576	3793
April	30	378	5239	3772	557	4329
Mai	31	410	5682	4227	576	4803
Juni	30	381	5280	3802	557	4359
Juli	31	407	5640	4196	576	4772
August	31	390	5405	4021	576	4597
September	30	315	4365	3143	557	3700
Oktober	31	257	3562	2650	576	3225
November	30	144	1996	1437	557	1994
Dezember	31	91	1261	938	576	1514
			Σ	35142	6777	41919



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 103,56$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 141,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2298	2060	0,90	41	3,57	0,82	605
Februar	1981	2774	1,40	41	3,57	0,64	217
März	1836	3793	2,07	41	3,57	0,46	74
April	1361	4329	3,18	41	3,57	0,31	15
Mai	881	4803	5,45	41	3,57	0,18	2
Juni	528	4359	8,25	41	3,57	0,12	0
Juli	378	4772	12,63	41	3,57	0,08	0
August	430	4597	10,68	41	3,57	0,09	0
September	741	3700	4,99	41	3,57	0,20	2
Oktober	1228	3225	2,63	41	3,57	0,37	24
November	1737	1994	1,15	41	3,57	0,72	292
Dezember	2151	1514	0,70	41	3,57	0,89	797

Summe: 2028

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 13,11 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 25,61 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	13,11 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	35,34 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	2038
Februar	-1,9	28	19	1757
März	1,5	31	19	1629
April	5,6	30	19	1207
Mai	10,6	31	19	782
Juni	13,8	30	19	468
Juli	15,4	31	19	335
August	14,9	31	19	382
September	11,7	30	19	657
Oktober	7,3	31	19	1089
November	1,9	30	19	1540
Dezember	-1,5	31	19	1908
Σ				13791 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	144	1996	1485	576	2060
Februar	28	242	3354	2254	520	2774
März	31	312	4324	3217	576	3793
April	30	378	5239	3772	557	4329
Mai	31	410	5682	4227	576	4803
Juni	30	381	5280	3802	557	4359
Juli	31	407	5640	4196	576	4772
August	31	390	5405	4021	576	4597
September	30	315	4365	3143	557	3700
Oktober	31	257	3562	2650	576	3225
November	30	144	1996	1437	557	1994
Dezember	31	91	1261	938	576	1514
			Σ	35142	6777	41919



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2038	2060	1,01	46	3,90	0,79	407
Februar	1757	2774	1,58	46	3,90	0,59	122
März	1629	3793	2,33	46	3,90	0,42	35
April	1207	4329	3,59	46	3,90	0,28	6
Mai	782	4803	6,14	46	3,90	0,16	1
Juni	468	4359	9,31	46	3,90	0,11	0
Juli	335	4772	14,24	46	3,90	0,07	0
August	382	4597	12,05	46	3,90	0,08	0
September	657	3700	5,63	46	3,90	0,18	1
Oktober	1089	3225	2,96	46	3,90	0,33	11
November	1540	1994	1,29	46	3,90	0,68	178
Dezember	1908	1514	0,79	46	3,90	0,88	581

Summe: 1341

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 8,67 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 21,17 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	8,67 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	29,21 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	1871
Februar	-1,9	28	19	1613
März	1,5	31	19	1495
April	5,6	30	19	1108
Mai	10,6	31	19	718
Juni	13,8	30	19	430
Juli	15,4	31	19	308
August	14,9	31	19	350
September	11,7	30	19	604
Oktober	7,3	31	19	1000
November	1,9	30	19	1414
Dezember	-1,5	31	19	1752
Σ				12664 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1996	1485	576	2060
Februar	28	242	3354	2254	520	2774
März	31	312	4324	3217	576	3793
April	30	378	5239	3772	557	4329
Mai	31	410	5682	4227	576	4803
Juni	30	381	5280	3802	557	4359
Juli	31	407	5640	4196	576	4772
August	31	390	5405	4021	576	4597
September	30	315	4365	3143	557	3700
Oktober	31	257	3562	2650	576	3225
November	30	144	1996	1437	557	1994
Dezember	31	91	1261	938	576	1514
			Σ	35142	6777	41919



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1871	2060	1,10	51	4,16	0,77	294
Februar	1613	2774	1,72	51	4,16	0,55	76
März	1495	3793	2,54	51	4,16	0,39	19
April	1108	4329	3,91	51	4,16	0,26	3
Mai	718	4803	6,69	51	4,16	0,15	0
Juni	430	4359	10,14	51	4,16	0,10	0
Juli	308	4772	15,51	51	4,16	0,06	0
August	350	4597	13,12	51	4,16	0,08	0
September	604	3700	6,13	51	4,16	0,16	0
Oktober	1000	3225	3,23	51	4,16	0,31	5
November	1414	1994	1,41	51	4,16	0,65	119
Dezember	1752	1514	0,86	51	4,16	0,86	450

Summe:	966
--------	-----

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 6,24 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 18,74 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	6,24 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	25,87 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



IX.10. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 12 Wh/m³K, Klimazone R13 (Ort: Freiburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,10	13,66
Dach	92,40	0,14	1,00	0,10	22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,10	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,10	8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,10	6,23
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				103,56

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	1805
Februar	3,2	28	19	1498
März	6,6	31	19	1301
April	10,2	30	19	894
Mai	14,4	31	19	483
Juni	17,7	30	19	132
Juli	19,9	31	19	-94
August	19,2	31	19	-21
September	16,2	30	19	284
Oktober	11,3	31	19	808
November	6,0	30	19	1320
Dezember	2,7	31	19	1710
Σ				10120 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	207	2869	1928	520	2448
März	31	289	4005	2980	576	3555
April	30	361	5003	3602	557	4159
Mai	31	418	5793	4310	576	4886
Juni	30	453	6278	4520	557	5077
Juli	31	466	6458	4805	576	5380
August	31	441	6112	4547	576	5123
September	30	353	4892	3522	557	4079
Oktober	31	247	3423	2547	576	3122
November	30	154	2134	1537	557	2094
Dezember	31	109	1511	1124	576	1699
Σ				36659	6777	43436



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 103,56 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 103,56$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 141,05 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1805	1813	1,00	41	3,57	0,78	392
Februar	1498	2448	1,63	41	3,57	0,57	112
März	1301	3555	2,73	41	3,57	0,36	23
April	894	4159	4,65	41	3,57	0,21	3
Mai	483	4886	10,12	41	3,57	0,10	0
Juni	132	5077	38,46	41	3,57	0,03	0
Juli	-94	5380	-56,97	41	3,57	-	negativ
August	-21	5123	-244,08	41	3,57	-	negativ
September	284	4079	14,35	41	3,57	0,07	0
Oktober	808	3122	3,86	41	3,57	0,26	5
November	1320	2094	1,59	41	3,57	0,58	107
Dezember	1710	1699	0,99	41	3,57	0,78	379

Summe: 1021

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 6,60 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 19,10 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	6,60 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	26,35 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	0,05	9,39
Dach	92,40	0,14	1,00	0,05	17,56
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00	0,05	14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00	0,05	6,14
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00	0,05	4,93
Fenster	44,44	0,78	1,00	0,00	34,66
Summe	363,69				87,60

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{87,60} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

$$V = \boxed{367} \text{ m}^3$$

$$n = \boxed{0,30} \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \boxed{0,34} \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = \boxed{37,48} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **13** (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	1601
Februar	3,2	28	19	1328
März	6,6	31	19	1154
April	10,2	30	19	793
Mai	14,4	31	19	428
Juni	17,7	30	19	117
Juli	19,9	31	19	-84
August	19,2	31	19	-19
September	16,2	30	19	252
Oktober	11,3	31	19	717
November	6,0	30	19	1171
Dezember	2,7	31	19	1517
Σ				8974 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
						Summe:	13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	207	2869	1928	520	2448
März	31	289	4005	2980	576	3555
April	30	361	5003	3602	557	4159
Mai	31	418	5793	4310	576	4886
Juni	30	453	6278	4520	557	5077
Juli	31	466	6458	4805	576	5380
August	31	441	6112	4547	576	5123
September	30	353	4892	3522	557	4079
Oktober	31	247	3423	2547	576	3122
November	30	154	2134	1537	557	2094
Dezember	31	109	1511	1124	576	1699
			Σ	36659	6777	43436



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 87,60 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 87,60$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 125,08 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1601	1813	1,13	46	3,90	0,74	253
Februar	1328	2448	1,84	46	3,90	0,52	59
März	1154	3555	3,08	46	3,90	0,32	10
April	793	4159	5,25	46	3,90	0,19	1
Mai	428	4886	11,41	46	3,90	0,09	0
Juni	117	5077	43,37	46	3,90	0,02	0
Juli	-84	5380	-64,24	46	3,90	-	negativ
August	-19	5123	-275,23	46	3,90	-	negativ
September	252	4079	16,18	46	3,90	0,06	0
Oktober	717	3122	4,36	46	3,90	0,23	2
November	1171	2094	1,79	46	3,90	0,53	57
Dezember	1517	1699	1,12	46	3,90	0,75	245

Summe: 626

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 4,04 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 16,54 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	4,04 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	22,83 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,12	0,5	5,74	5,12
Dach	92,40	0,14	1,00		12,94
AW1 - Außenwand	74,60	0,15	1,00		11,19
AW2 - Außenwand	40,92	0,10	1,00		4,09
AW3 - Außenwand	25,95	0,14	1,00		3,63
Fenster	44,44	0,78	1,00		34,66
Summe	363,69				71,64

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 77,38 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,30 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 37,48 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	1470
Februar	3,2	28	19	1220
März	6,6	31	19	1060
April	10,2	30	19	728
Mai	14,4	31	19	393
Juni	17,7	30	19	108
Juli	19,9	31	19	-77
August	19,2	31	19	-17
September	16,2	30	19	232
Oktober	11,3	31	19	658
November	6,0	30	19	1075
Dezember	2,7	31	19	1393
Σ				8241 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,55	0,50	0,70	0,90	1,00	13,86
							-
Summe:							13,86

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1663	1237	576	1813
Februar	28	207	2869	1928	520	2448
März	31	289	4005	2980	576	3555
April	30	361	5003	3602	557	4159
Mai	31	418	5793	4310	576	4886
Juni	30	453	6278	4520	557	5077
Juli	31	466	6458	4805	576	5380
August	31	441	6112	4547	576	5123
September	30	353	4892	3522	557	4079
Oktober	31	247	3423	2547	576	3122
November	30	154	2134	1537	557	2094
Dezember	31	109	1511	1124	576	1699
Σ				36659	6777	43436



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 77,38 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 77,38$$

$$H_V = 37,48$$

$$C_{\text{wirk}} = 12,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 114,86 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	1470	1813	1,23	51	4,16	0,71	176
Februar	1220	2448	2,01	51	4,16	0,48	35
März	1060	3555	3,36	51	4,16	0,30	5
April	728	4159	5,72	51	4,16	0,17	0
Mai	393	4886	12,43	51	4,16	0,08	0
Juni	108	5077	47,23	51	4,16	0,02	0
Juli	-77	5380	-69,96	51	4,16	-	negativ
August	-17	5123	-299,72	51	4,16	-	negativ
September	232	4079	17,62	51	4,16	0,06	0
Oktober	658	3122	4,75	51	4,16	0,21	1
November	1075	2094	1,95	51	4,16	0,50	34
Dezember	1393	1699	1,22	51	4,16	0,72	171

Summe:	422
--------	-----

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 2,73 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 15,23 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	2,73 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	21,01 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X. Berechnung des Jahresheizwärmebe- darfs nach DIN V4108-6, Variante D (Massiv)



X. Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach DIN V4108-6, Variante D (Massiv)

X.1. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 50 Wh/m³K, Klimazone Deutschland

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{t,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3630
Februar	0,6	28	19	2972
März	4,1	31	19	2665
April	9,5	30	19	1644
Mai	12,9	31	19	1091
Juni	15,7	30	19	571
Juli	18,0	31	19	179
August	18,3	31	19	125
September	14,4	30	19	796
Oktober	9,1	31	19	1771
November	4,7	30	19	2475
Dezember	1,3	31	19	3165
Σ				21085 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
			Σ	33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3630	1700	0,47	101	7,29	1,00	1934
Februar	2972	1858	0,62	101	7,29	0,99	1138
März	2665	2638	0,99	101	7,29	0,88	334
April	1644	4648	2,83	101	7,29	0,35	1
Mai	1091	4906	4,50	101	7,29	0,22	0
Juni	571	5356	9,38	101	7,29	0,11	0
Juli	179	5703	31,89	101	7,29	0,03	0
August	125	4437	35,45	101	7,29	0,03	0
September	796	3668	4,61	101	7,29	0,22	0
Oktober	1771	2600	1,47	101	7,29	0,67	36
November	2475	1718	0,69	101	7,29	0,98	795
Dezember	3165	1260	0,40	101	7,29	1,00	1907

Summe: 6143

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 39,70 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 52,20 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	39,70 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	72,04 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3389
Februar	0,6	28	19	2775
März	4,1	31	19	2488
April	9,5	30	19	1535
Mai	12,9	31	19	1018
Juni	15,7	30	19	533
Juli	18,0	31	19	167
August	18,3	31	19	117
September	14,4	30	19	743
Oktober	9,1	31	19	1653
November	4,7	30	19	2311
Dezember	1,3	31	19	2955
Σ				19684 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3389	1700	0,50	108	7,73	1,00	1693
Februar	2775	1858	0,67	108	7,73	0,98	946
März	2488	2638	1,06	108	7,73	0,86	225
April	1535	4648	3,03	108	7,73	0,33	0
Mai	1018	4906	4,82	108	7,73	0,21	0
Juni	533	5356	10,04	108	7,73	0,10	0
Juli	167	5703	34,16	108	7,73	0,03	0
August	117	4437	37,97	108	7,73	0,03	0
September	743	3668	4,94	108	7,73	0,20	0
Oktober	1653	2600	1,57	108	7,73	0,63	18
November	2311	1718	0,74	108	7,73	0,97	641
Dezember	2955	1260	0,43	108	7,73	1,00	1696

Summe: 5219

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 33,73 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 46,23 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	33,73 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	63,80 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 133,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3235
Februar	0,6	28	19	2648
März	4,1	31	19	2374
April	9,5	30	19	1465
Mai	12,9	31	19	972
Juni	15,7	30	19	509
Juli	18,0	31	19	159
August	18,3	31	19	112
September	14,4	30	19	709
Oktober	9,1	31	19	1578
November	4,7	30	19	2205
Dezember	1,3	31	19	2821
Σ				18788 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3235	1700	0,53	113	8,05	1,00	1539
Februar	2648	1858	0,70	113	8,05	0,98	824
März	2374	2638	1,11	113	8,05	0,84	165
April	1465	4648	3,17	113	8,05	0,32	0
Mai	972	4906	5,05	113	8,05	0,20	0
Juni	509	5356	10,52	113	8,05	0,10	0
Juli	159	5703	35,79	113	8,05	0,03	0
August	112	4437	39,78	113	8,05	0,03	0
September	709	3668	5,17	113	8,05	0,19	0
Oktober	1578	2600	1,65	113	8,05	0,60	11
November	2205	1718	0,78	113	8,05	0,97	544
Dezember	2821	1260	0,45	113	8,05	1,00	1562

Summe: 4646

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 30,02 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 42,52 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	30,02 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	58,68 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X.2. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 50 Wh/m³K, Klimazone R02 (Ort: Hamburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	3309
Februar	1,1	28	19	2891
März	3,7	31	19	2736
April	7,3	30	19	2025
Mai	12,2	31	19	1216
Juni	15,5	30	19	606
Juli	16,8	31	19	393
August	16,6	31	19	429
September	13,5	30	19	952
Oktober	9,7	31	19	1663
November	5,1	30	19	2406
Dezember	1,9	31	19	3058
Σ				21685 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3309	1372	0,41	101	7,29	1,00	1938
Februar	2891	1976	0,68	101	7,29	0,98	956
März	2736	2750	1,01	101	7,29	0,88	324
April	2025	3968	1,96	101	7,29	0,51	7
Mai	1216	4953	4,07	101	7,29	0,25	0
Juni	606	4403	7,27	101	7,29	0,14	0
Juli	393	4737	12,04	101	7,29	0,08	0
August	429	4297	10,01	101	7,29	0,10	0
September	952	3160	3,32	101	7,29	0,30	0
Oktober	1663	2385	1,43	101	7,29	0,68	38
November	2406	1564	0,65	101	7,29	0,98	866
Dezember	3058	1091	0,36	101	7,29	1,00	1967

Summe: 6097

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 39,41 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 51,91 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	39,41 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	71,63 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	3089
Februar	1,1	28	19	2699
März	3,7	31	19	2555
April	7,3	30	19	1890
Mai	12,2	31	19	1135
Juni	15,5	30	19	566
Juli	16,8	31	19	367
August	16,6	31	19	401
September	13,5	30	19	889
Oktober	9,7	31	19	1553
November	5,1	30	19	2246
Dezember	1,9	31	19	2855
Σ				20245 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3089	1372	0,44	108	7,73	1,00	1718
Februar	2699	1976	0,73	108	7,73	0,97	774
März	2555	2750	1,08	108	7,73	0,85	216
April	1890	3968	2,10	108	7,73	0,48	3
Mai	1135	4953	4,36	108	7,73	0,23	0
Juni	566	4403	7,79	108	7,73	0,13	0
Juli	367	4737	12,90	108	7,73	0,08	0
August	401	4297	10,72	108	7,73	0,09	0
September	889	3160	3,56	108	7,73	0,28	0
Oktober	1553	2385	1,54	108	7,73	0,64	20
November	2246	1564	0,70	108	7,73	0,98	712
Dezember	2855	1091	0,38	108	7,73	1,00	1764

Summe: 5208

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 33,66 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 46,16 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	33,66 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	63,70 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 139,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	2948
Februar	1,1	28	19	2576
März	3,7	31	19	2438
April	7,3	30	19	1804
Mai	12,2	31	19	1084
Juni	15,5	30	19	540
Juli	16,8	31	19	351
August	16,6	31	19	382
September	13,5	30	19	848
Oktober	9,7	31	19	1482
November	5,1	30	19	2144
Dezember	1,9	31	19	2725
Σ				19322 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2948	1372	0,47	113	8,05	1,00	1577
Februar	2576	1976	0,77	113	8,05	0,97	660
März	2438	2750	1,13	113	8,05	0,83	158
April	1804	3968	2,20	113	8,05	0,45	2
Mai	1084	4953	4,57	113	8,05	0,22	0
Juni	540	4403	8,16	113	8,05	0,12	0
Juli	351	4737	13,51	113	8,05	0,07	0
August	382	4297	11,23	113	8,05	0,09	0
September	848	3160	3,73	113	8,05	0,27	0
Oktober	1482	2385	1,61	113	8,05	0,62	12
November	2144	1564	0,73	113	8,05	0,98	615
Dezember	2725	1091	0,40	113	8,05	1,00	1634

Summe: 4659

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 30,11 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 42,61 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	30,11 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	58,80 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X.3. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 50 Wh/m³K, Klimazone R07 (Ort: Essen)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{165,41} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **7** (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	3058
Februar	2,5	28	19	2665
März	5,1	31	19	2486
April	8,5	30	19	1817
Mai	12,9	31	19	1091
Juni	15,7	30	19	571
Juli	17,4	31	19	286
August	17,2	31	19	322
September	14,4	30	19	796
Oktober	10,7	31	19	1484
November	5,7	30	19	2302
Dezember	2,9	31	19	2879
Σ				19758 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
			Σ	28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3058	1429	0,47	101	7,29	1,00	1633
Februar	2665	2052	0,77	101	7,29	0,96	692
März	2486	2769	1,11	101	7,29	0,83	196
April	1817	3823	2,10	101	7,29	0,47	4
Mai	1091	4447	4,08	101	7,29	0,25	0
Juni	571	4222	7,39	101	7,29	0,14	0
Juli	286	4606	16,10	101	7,29	0,06	0
August	322	3547	11,02	101	7,29	0,09	0
September	796	3088	3,88	101	7,29	0,26	0
Oktober	1484	2516	1,69	101	7,29	0,58	13
November	2302	1582	0,69	101	7,29	0,98	753
Dezember	2879	1129	0,39	101	7,29	1,00	1751

Summe: 5043

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 32,59 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 45,09 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	32,59 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	62,23 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	2855
Februar	2,5	28	19	2488
März	5,1	31	19	2321
April	8,5	30	19	1697
Mai	12,9	31	19	1018
Juni	15,7	30	19	533
Juli	17,4	31	19	267
August	17,2	31	19	301
September	14,4	30	19	743
Oktober	10,7	31	19	1386
November	5,7	30	19	2149
Dezember	2,9	31	19	2688
Σ				18446 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
Σ				28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2855	1429	0,50	108	7,73	1,00	1430
Februar	2488	2052	0,82	108	7,73	0,95	536
März	2321	2769	1,19	108	7,73	0,79	122
April	1697	3823	2,25	108	7,73	0,44	2
Mai	1018	4447	4,37	108	7,73	0,23	0
Juni	533	4222	7,92	108	7,73	0,13	0
Juli	267	4606	17,24	108	7,73	0,06	0
August	301	3547	11,80	108	7,73	0,08	0
September	743	3088	4,15	108	7,73	0,24	0
Oktober	1386	2516	1,82	108	7,73	0,55	6
November	2149	1582	0,74	108	7,73	0,97	609
Dezember	2688	1129	0,42	108	7,73	1,00	1560

Summe: 4265

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 27,56 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 40,06 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	27,56 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	55,29 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 139,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	2725
Februar	2,5	28	19	2375
März	5,1	31	19	2215
April	8,5	30	19	1619
Mai	12,9	31	19	972
Juni	15,7	30	19	509
Juli	17,4	31	19	255
August	17,2	31	19	287
September	14,4	30	19	709
Oktober	10,7	31	19	1323
November	5,7	30	19	2051
Dezember	2,9	31	19	2566
Σ				17606 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
			Σ	28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2725	1429	0,52	113	8,05	1,00	1300
Februar	2375	2052	0,86	113	8,05	0,94	440
März	2215	2769	1,25	113	8,05	0,77	85
April	1619	3823	2,36	113	8,05	0,42	1
Mai	972	4447	4,57	113	8,05	0,22	0
Juni	509	4222	8,30	113	8,05	0,12	0
Juli	255	4606	18,07	113	8,05	0,06	0
August	287	3547	12,37	113	8,05	0,08	0
September	709	3088	4,35	113	8,05	0,23	0
Oktober	1323	2516	1,90	113	8,05	0,52	4
November	2051	1582	0,77	113	8,05	0,97	518
Dezember	2566	1129	0,44	113	8,05	1,00	1438

Summe: 3786

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 24,47 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 36,97 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	24,47 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	51,01 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X.4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 50 Wh/m³K, Klimazone R10 (Ort: Hof)

**Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{165,41} \text{ W/K}$$

**Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

**Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Klimazone: **10** (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3917
Februar	-1,9	28	19	3376
März	1,5	31	19	3130
April	5,6	30	19	2319
Mai	10,6	31	19	1502
Juni	13,8	30	19	900
Juli	15,4	31	19	644
August	14,9	31	19	733
September	11,7	30	19	1263
Oktober	7,3	31	19	2092
November	1,9	30	19	2960
Dezember	-1,5	31	19	3666
Σ				26502 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
Σ				31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3917	1925	0,49	101	7,29	1,00	1997
Februar	3376	2569	0,76	101	7,29	0,96	901
März	3130	3500	1,12	101	7,29	0,82	243
April	2319	3986	1,72	101	7,29	0,58	19
Mai	1502	4419	2,94	101	7,29	0,34	0
Juni	900	4013	4,46	101	7,29	0,22	0
Juli	644	4391	6,82	101	7,29	0,15	0
August	733	4231	5,77	101	7,29	0,17	0
September	1263	3414	2,70	101	7,29	0,37	1
Oktober	2092	2985	1,43	101	7,29	0,68	50
November	2960	1863	0,63	101	7,29	0,99	1120
Dezember	3666	1429	0,39	101	7,29	1,00	2239

Summe: 6569

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 42,45 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 54,95 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	42,45 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	75,84 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3657
Februar	-1,9	28	19	3152
März	1,5	31	19	2922
April	5,6	30	19	2165
Mai	10,6	31	19	1402
Juni	13,8	30	19	840
Juli	15,4	31	19	601
August	14,9	31	19	685
September	11,7	30	19	1180
Oktober	7,3	31	19	1953
November	1,9	30	19	2763
Dezember	-1,5	31	19	3423
Σ				24742 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
Σ				31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3657	1925	0,53	108	7,73	1,00	1738
Februar	3152	2569	0,81	108	7,73	0,95	700
März	2922	3500	1,20	108	7,73	0,79	151
April	2165	3986	1,84	108	7,73	0,54	9
Mai	1402	4419	3,15	108	7,73	0,32	0
Juni	840	4013	4,78	108	7,73	0,21	0
Juli	601	4391	7,30	108	7,73	0,14	0
August	685	4231	6,18	108	7,73	0,16	0
September	1180	3414	2,89	108	7,73	0,35	0
Oktober	1953	2985	1,53	108	7,73	0,65	26
November	2763	1863	0,67	108	7,73	0,98	929
Dezember	3423	1429	0,42	108	7,73	1,00	1995

Summe: 5549

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 35,86 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 48,36 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	35,86 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	66,74 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 139,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3490
Februar	-1,9	28	19	3008
März	1,5	31	19	2789
April	5,6	30	19	2067
Mai	10,6	31	19	1339
Juni	13,8	30	19	802
Juli	15,4	31	19	574
August	14,9	31	19	653
September	11,7	30	19	1126
Oktober	7,3	31	19	1864
November	1,9	30	19	2637
Dezember	-1,5	31	19	3267
Σ				23615 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
							Summe: 12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
Σ				31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3490	1925	0,55	113	8,05	1,00	1572
Februar	3008	2569	0,85	113	8,05	0,95	578
März	2789	3500	1,26	113	8,05	0,77	104
April	2067	3986	1,93	113	8,05	0,52	5
Mai	1339	4419	3,30	113	8,05	0,30	0
Juni	802	4013	5,00	113	8,05	0,20	0
Juli	574	4391	7,65	113	8,05	0,13	0
August	653	4231	6,48	113	8,05	0,15	0
September	1126	3414	3,03	113	8,05	0,33	0
Oktober	1864	2985	1,60	113	8,05	0,62	16
November	2637	1863	0,71	113	8,05	0,98	809
Dezember	3267	1429	0,44	113	8,05	1,00	1839

Summe: 4923

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 31,82 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 44,32 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	31,82 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	61,16 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X.5. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 50 Wh/m³K, Klimazone R13 (Ort: Freiburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	3076
Februar	3,2	28	19	2552
März	6,6	31	19	2218
April	10,2	30	19	1523
Mai	14,4	31	19	823
Juni	17,7	30	19	225
Juli	19,9	31	19	-161
August	19,2	31	19	-36
September	16,2	30	19	485
Oktober	11,3	31	19	1377
November	6,0	30	19	2250
Dezember	2,7	31	19	2915
Σ				17246 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3076	1700	0,55	101	7,29	0,99	1386
Februar	2552	2272	0,89	101	7,29	0,92	453
März	2218	3285	1,48	101	7,29	0,66	43
April	1523	3832	2,52	101	7,29	0,40	1
Mai	823	4494	5,46	101	7,29	0,18	0
Juni	225	4666	20,74	101	7,29	0,05	0
Juli	-161	4944	-30,71	101	7,29	-	negativ
August	-36	4709	-131,66	101	7,29	-	negativ
September	485	3759	7,76	101	7,29	0,13	0
Oktober	1377	2891	2,10	101	7,29	0,48	3
November	2250	1954	0,87	101	7,29	0,93	429
Dezember	2915	1597	0,55	101	7,29	0,99	1327

Summe: 3642

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 23,54 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 36,04 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	23,54 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	49,73 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	2872
Februar	3,2	28	19	2383
März	6,6	31	19	2070
April	10,2	30	19	1422
Mai	14,4	31	19	768
Juni	17,7	30	19	210
Juli	19,9	31	19	-150
August	19,2	31	19	-33
September	16,2	30	19	452
Oktober	11,3	31	19	1286
November	6,0	30	19	2101
Dezember	2,7	31	19	2722
Σ				16101 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2872	1700	0,59	108	7,73	0,99	1184
Februar	2383	2272	0,95	108	7,73	0,91	325
März	2070	3285	1,59	108	7,73	0,62	22
April	1422	3832	2,69	108	7,73	0,37	0
Mai	768	4494	5,85	108	7,73	0,17	0
Juni	210	4666	22,21	108	7,73	0,05	0
Juli	-150	4944	-32,90	108	7,73	-	negativ
August	-33	4709	-141,03	108	7,73	-	negativ
September	452	3759	8,31	108	7,73	0,12	0
Oktober	1286	2891	2,25	108	7,73	0,44	1
November	2101	1954	0,93	108	7,73	0,91	313
Dezember	2722	1597	0,59	108	7,73	0,99	1135

Summe: 2981

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M/pos}) / A_N$$

$$Q_h = 19,26 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 31,76 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	19,26 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	43,83 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 139,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherefähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	2741
Februar	3,2	28	19	2274
März	6,6	31	19	1976
April	10,2	30	19	1357
Mai	14,4	31	19	733
Juni	17,7	30	19	200
Juli	19,9	31	19	-143
August	19,2	31	19	-32
September	16,2	30	19	432
Oktober	11,3	31	19	1227
November	6,0	30	19	2005
Dezember	2,7	31	19	2598
Σ				15368 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 50,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2741	1700	0,62	113	8,05	0,99	1055
Februar	2274	2272	1,00	113	8,05	0,89	252
März	1976	3285	1,66	113	8,05	0,60	13
April	1357	3832	2,82	113	8,05	0,35	0
Mai	733	4494	6,13	113	8,05	0,16	0
Juni	200	4666	23,27	113	8,05	0,04	0
Juli	-143	4944	-34,47	113	8,05	-	negativ
August	-32	4709	-147,76	113	8,05	-	negativ
September	432	3759	8,71	113	8,05	0,11	0
Oktober	1227	2891	2,36	113	8,05	0,42	1
November	2005	1954	0,97	113	8,05	0,90	245
Dezember	2598	1597	0,61	113	8,05	0,99	1013

Summe: 2578

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 16,66 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 29,16 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	16,66 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	40,25 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X.6. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 18 Wh/m³K, Klimazone Deutschland

**Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{165,41} \text{ W/K}$$

**Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

**Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3630
Februar	0,6	28	19	2972
März	4,1	31	19	2665
April	9,5	30	19	1644
Mai	12,9	31	19	1091
Juni	15,7	30	19	571
Juli	18,0	31	19	179
August	18,3	31	19	125
September	14,4	30	19	796
Oktober	9,1	31	19	1771
November	4,7	30	19	2475
Dezember	1,3	31	19	3165
Σ				21085 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
			Σ	33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3630	1700	0,47	36	3,26	0,95	2009
Februar	2972	1858	0,62	36	3,26	0,91	1288
März	2665	2638	0,99	36	3,26	0,77	635
April	1644	4648	2,83	36	3,26	0,35	36
Mai	1091	4906	4,50	36	3,26	0,22	6
Juni	571	5356	9,38	36	3,26	0,11	0
Juli	179	5703	31,89	36	3,26	0,03	0
August	125	4437	35,45	36	3,26	0,03	0
September	796	3668	4,61	36	3,26	0,22	4
Oktober	1771	2600	1,47	36	3,26	0,60	200
November	2475	1718	0,69	36	3,26	0,88	959
Dezember	3165	1260	0,40	36	3,26	0,97	1944

Summe: 7083

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 45,78 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 58,28 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	45,78 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	80,42 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3389
Februar	0,6	28	19	2775
März	4,1	31	19	2488
April	9,5	30	19	1535
Mai	12,9	31	19	1018
Juni	15,7	30	19	533
Juli	18,0	31	19	167
August	18,3	31	19	117
September	14,4	30	19	743
Oktober	9,1	31	19	1653
November	4,7	30	19	2311
Dezember	1,3	31	19	2955
Σ				19684 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
			Σ	33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3389	1700	0,50	39	3,42	0,95	1773
Februar	2775	1858	0,67	39	3,42	0,90	1104
März	2488	2638	1,06	39	3,42	0,75	507
April	1535	4648	3,03	39	3,42	0,33	23
Mai	1018	4906	4,82	39	3,42	0,21	4
Juni	533	5356	10,04	39	3,42	0,10	0
Juli	167	5703	34,16	39	3,42	0,03	0
August	117	4437	37,97	39	3,42	0,03	0
September	743	3668	4,94	39	3,42	0,20	3
Oktober	1653	2600	1,57	39	3,42	0,58	148
November	2311	1718	0,74	39	3,42	0,87	811
Dezember	2955	1260	0,43	39	3,42	0,97	1735

Summe: 6108

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 39,48 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 51,98 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	39,48 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	71,73 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 133,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Referenzklima: **Deutschland**

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-1,3	31	19	3235
Februar	0,6	28	19	2648
März	4,1	31	19	2374
April	9,5	30	19	1465
Mai	12,9	31	19	972
Juni	15,7	30	19	509
Juli	18,0	31	19	159
August	18,3	31	19	112
September	14,4	30	19	709
Oktober	9,1	31	19	1578
November	4,7	30	19	2205
Dezember	1,3	31	19	2821
Σ				18788 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Referenzklima:

Deutschland

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	158	1991	1338	520	1858
März	31	220	2772	2062	576	2638
April	30	451	5682	4091	557	4648
Mai	31	462	5821	4331	576	4906
Juni	30	529	6665	4799	557	5356
Juli	31	547	6892	5127	576	5703
August	31	412	5191	3862	576	4437
September	30	343	4321	3111	557	3668
Oktober	31	216	2721	2025	576	2600
November	30	128	1613	1161	557	1718
Dezember	31	73	920	684	576	1260
Σ				33715	6777	40493



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3235	1700	0,53	41	3,54	0,95	1622
Februar	2648	1858	0,70	41	3,54	0,89	988
März	2374	2638	1,11	41	3,54	0,74	430
April	1465	4648	3,17	41	3,54	0,31	17
Mai	972	4906	5,05	41	3,54	0,20	3
Juni	509	5356	10,52	41	3,54	0,10	0
Juli	159	5703	35,79	41	3,54	0,03	0
August	112	4437	39,78	41	3,54	0,03	0
September	709	3668	5,17	41	3,54	0,19	2
Oktober	1578	2600	1,65	41	3,54	0,56	118
November	2205	1718	0,78	41	3,54	0,87	719
Dezember	2821	1260	0,45	41	3,54	0,97	1602

Summe: 5501

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 35,55 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 48,05 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	35,55 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	66,31 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X.7. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 18 Wh/m³K, Klimazone R02 (Ort: Hamburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	3309
Februar	1,1	28	19	2891
März	3,7	31	19	2736
April	7,3	30	19	2025
Mai	12,2	31	19	1216
Juni	15,5	30	19	606
Juli	16,8	31	19	393
August	16,6	31	19	429
September	13,5	30	19	952
Oktober	9,7	31	19	1663
November	5,1	30	19	2406
Dezember	1,9	31	19	3058
Σ				21685 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3309	1372	0,41	36	3,26	0,97	1983
Februar	2891	1976	0,68	36	3,26	0,89	1140
März	2736	2750	1,01	36	3,26	0,76	637
April	2025	3968	1,96	36	3,26	0,48	117
Mai	1216	4953	4,07	36	3,26	0,24	9
Juni	606	4403	7,27	36	3,26	0,14	1
Juli	393	4737	12,04	36	3,26	0,08	0
August	429	4297	10,01	36	3,26	0,10	0
September	952	3160	3,32	36	3,26	0,30	13
Oktober	1663	2385	1,43	36	3,26	0,61	198
November	2406	1564	0,65	36	3,26	0,90	1001
Dezember	3058	1091	0,36	36	3,26	0,98	1992

Summe: 7092

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 45,83 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 58,33 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	45,83 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	80,50 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	3089
Februar	1,1	28	19	2699
März	3,7	31	19	2555
April	7,3	30	19	1890
Mai	12,2	31	19	1135
Juni	15,5	30	19	566
Juli	16,8	31	19	367
August	16,6	31	19	401
September	13,5	30	19	889
Oktober	9,7	31	19	1553
November	5,1	30	19	2246
Dezember	1,9	31	19	2855
Σ				20245 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3089	1372	0,44	39	3,42	0,96	1765
Februar	2699	1976	0,73	39	3,42	0,88	966
März	2555	2750	1,08	39	3,42	0,74	507
April	1890	3968	2,10	39	3,42	0,46	81
Mai	1135	4953	4,36	39	3,42	0,23	6
Juni	566	4403	7,79	39	3,42	0,13	0
Juli	367	4737	12,90	39	3,42	0,08	0
August	401	4297	10,72	39	3,42	0,09	0
September	889	3160	3,56	39	3,42	0,28	8
Oktober	1553	2385	1,54	39	3,42	0,59	147
November	2246	1564	0,70	39	3,42	0,89	854
Dezember	2855	1091	0,38	39	3,42	0,98	1789

Summe: 6125

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 39,58 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 52,08 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	39,58 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	71,87 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 139,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	0,5	31	19	2948
Februar	1,1	28	19	2576
März	3,7	31	19	2438
April	7,3	30	19	1804
Mai	12,2	31	19	1084
Juni	15,5	30	19	540
Juli	16,8	31	19	351
August	16,6	31	19	382
September	13,5	30	19	848
Oktober	9,7	31	19	1482
November	5,1	30	19	2144
Dezember	1,9	31	19	2725
Σ				19322 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 2 (Hamburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	85	1071	797	576	1372
Februar	28	172	2167	1456	520	1976
März	31	232	2923	2175	576	2750
April	30	376	4737	3411	557	3968
Mai	31	467	5884	4377	576	4953
Juni	30	424	5342	3846	557	4403
Juli	31	444	5594	4162	576	4737
August	31	397	5002	3721	576	4297
September	30	287	3616	2603	557	3160
Oktober	31	193	2432	1809	576	2385
November	30	111	1398	1007	557	1564
Dezember	31	55	693	516	576	1091
Σ				29880	6777	36657



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2948	1372	0,47	41	3,54	0,96	1626
Februar	2576	1976	0,77	41	3,54	0,87	858
März	2438	2750	1,13	41	3,54	0,73	429
April	1804	3968	2,20	41	3,54	0,44	62
Mai	1084	4953	4,57	41	3,54	0,22	4
Juni	540	4403	8,16	41	3,54	0,12	0
Juli	351	4737	13,51	41	3,54	0,07	0
August	382	4297	11,23	41	3,54	0,09	0
September	848	3160	3,73	41	3,54	0,27	6
Oktober	1482	2385	1,61	41	3,54	0,57	118
November	2144	1564	0,73	41	3,54	0,88	762
Dezember	2725	1091	0,40	41	3,54	0,98	1660

Summe: 5525

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 35,70 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 48,20 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	35,70 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	66,52 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X.8. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 18 Wh/m³K, Klimazone R07 (Ort: Essen)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{165,41} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **7** (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	3058
Februar	2,5	28	19	2665
März	5,1	31	19	2486
April	8,5	30	19	1817
Mai	12,9	31	19	1091
Juni	15,7	30	19	571
Juli	17,4	31	19	286
August	17,2	31	19	322
September	14,4	30	19	796
Oktober	10,7	31	19	1484
November	5,7	30	19	2302
Dezember	2,9	31	19	2879
Σ				19758 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
			Σ	28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste	Wärmegewinne	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis	Zeitkonstante	numerischer Parameter	Ausnutzungs- grad	monatlicher Heizwärmebedarf
	$Q_{l,M}$ in kWh	$Q_{g,M}$ in kWh	γ	τ in h	a	η_M	$Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3058	1429	0,47	36	3,26	0,95	1696
Februar	2665	2052	0,77	36	3,26	0,85	912
März	2486	2769	1,11	36	3,26	0,72	485
April	1817	3823	2,10	36	3,26	0,45	88
Mai	1091	4447	4,08	36	3,26	0,24	8
Juni	571	4222	7,39	36	3,26	0,14	1
Juli	286	4606	16,10	36	3,26	0,06	0
August	322	3547	11,02	36	3,26	0,09	0
September	796	3088	3,88	36	3,26	0,26	7
Oktober	1484	2516	1,69	36	3,26	0,54	122
November	2302	1582	0,69	36	3,26	0,88	902
Dezember	2879	1129	0,39	36	3,26	0,97	1784

Summe: 6005

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 38,81 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 51,31 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	38,81 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	70,81 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	2855
Februar	2,5	28	19	2488
März	5,1	31	19	2321
April	8,5	30	19	1697
Mai	12,9	31	19	1018
Juni	15,7	30	19	533
Juli	17,4	31	19	267
August	17,2	31	19	301
September	14,4	30	19	743
Oktober	10,7	31	19	1386
November	5,7	30	19	2149
Dezember	2,9	31	19	2688
Σ				18446 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
Σ				28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2855	1429	0,50	39	3,42	0,95	1496
Februar	2488	2052	0,82	39	3,42	0,84	760
März	2321	2769	1,19	39	3,42	0,70	379
April	1697	3823	2,25	39	3,42	0,43	60
Mai	1018	4447	4,37	39	3,42	0,23	5
Juni	533	4222	7,92	39	3,42	0,13	0
Juli	267	4606	17,24	39	3,42	0,06	0
August	301	3547	11,80	39	3,42	0,08	0
September	743	3088	4,15	39	3,42	0,24	4
Oktober	1386	2516	1,82	39	3,42	0,52	87
November	2149	1582	0,74	39	3,42	0,88	764
Dezember	2688	1129	0,42	39	3,42	0,97	1594

Summe: 5150

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 33,28 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 45,78 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	33,28 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	63,18 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 139,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,9	31	19	2725
Februar	2,5	28	19	2375
März	5,1	31	19	2215
April	8,5	30	19	1619
Mai	12,9	31	19	972
Juni	15,7	30	19	509
Juli	17,4	31	19	255
August	17,2	31	19	287
September	14,4	30	19	709
Oktober	10,7	31	19	1323
November	5,7	30	19	2051
Dezember	2,9	31	19	2566
Σ				17606 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 7 (Essen)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	91	1146	853	576	1429
Februar	28	181	2280	1532	520	2052
März	31	234	2948	2193	576	2769
April	30	360	4536	3266	557	3823
Mai	31	413	5203	3871	576	4447
Juni	30	404	5090	3665	557	4222
Juli	31	430	5417	4031	576	4606
August	31	317	3994	2971	576	3547
September	30	279	3515	2531	557	3088
Oktober	31	207	2608	1940	576	2516
November	30	113	1424	1025	557	1582
Dezember	31	59	743	553	576	1129
			Σ	28432	6777	35209



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2725	1429	0,52	41	3,54	0,95	1369
Februar	2375	2052	0,86	41	3,54	0,83	666
März	2215	2769	1,25	41	3,54	0,69	316
April	1619	3823	2,36	41	3,54	0,41	46
Mai	972	4447	4,57	41	3,54	0,22	3
Juni	509	4222	8,30	41	3,54	0,12	0
Juli	255	4606	18,07	41	3,54	0,06	0
August	287	3547	12,37	41	3,54	0,08	0
September	709	3088	4,35	41	3,54	0,23	3
Oktober	1323	2516	1,90	41	3,54	0,50	68
November	2051	1582	0,77	41	3,54	0,87	677
Dezember	2566	1129	0,44	41	3,54	0,97	1472

Summe: 4621

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 29,87 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 42,37 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	29,87 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	58,47 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X.9. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 18 Wh/m³K, Klimazone R10 (Ort: Hof)

**Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{165,41} \text{ W/K}$$

**Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes
nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

**Berechnung der Wärmeverluste (gesamt)
nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)**

Klimazone: **10** (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3917
Februar	-1,9	28	19	3376
März	1,5	31	19	3130
April	5,6	30	19	2319
Mai	10,6	31	19	1502
Juni	13,8	30	19	900
Juli	15,4	31	19	644
August	14,9	31	19	733
September	11,7	30	19	1263
Oktober	7,3	31	19	2092
November	1,9	30	19	2960
Dezember	-1,5	31	19	3666
Σ				26502 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn: $\Phi_{s,M} = \Sigma (I_{s,M,j}) \Sigma (F_F F_S F_C g_i A_i)$ ($I_{s,M,j}$) aus DIN 4108-6 Tabelle D.5

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$V_e = 483,53 m^3$$

$$A_N = 155 m^2$$

$$q_{i,M} = 5 W/m^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\Sigma s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
			Σ	31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3917	1925	0,49	36	3,26	0,95	2093
Februar	3376	2569	0,76	36	3,26	0,86	1173
März	3130	3500	1,12	36	3,26	0,72	606
April	2319	3986	1,72	36	3,26	0,54	184
Mai	1502	4419	2,94	36	3,26	0,33	30
Juni	900	4013	4,46	36	3,26	0,22	5
Juli	644	4391	6,82	36	3,26	0,15	1
August	733	4231	5,77	36	3,26	0,17	2
September	1263	3414	2,70	36	3,26	0,36	32
Oktober	2092	2985	1,43	36	3,26	0,62	252
November	2960	1863	0,63	36	3,26	0,90	1273
Dezember	3666	1429	0,39	36	3,26	0,97	2279

Summe: 7929

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 51,25 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 63,75 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	51,25 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	87,97 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \boxed{149,45} \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = \boxed{483,53} \text{ m}^3$$

$$V = \boxed{367} \text{ m}^3$$

$$n = \boxed{0,60} \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = \boxed{0,34} \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = \boxed{74,97} \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: **10** (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3657
Februar	-1,9	28	19	3152
März	1,5	31	19	2922
April	5,6	30	19	2165
Mai	10,6	31	19	1402
Juni	13,8	30	19	840
Juli	15,4	31	19	601
August	14,9	31	19	685
September	11,7	30	19	1180
Oktober	7,3	31	19	1953
November	1,9	30	19	2763
Dezember	-1,5	31	19	3423
Σ				24742 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
Σ				31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3657	1925	0,53	39	3,42	0,94	1839
Februar	3152	2569	0,81	39	3,42	0,85	979
März	2922	3500	1,20	39	3,42	0,70	473
April	2165	3986	1,84	39	3,42	0,51	131
Mai	1402	4419	3,15	39	3,42	0,31	19
Juni	840	4013	4,78	39	3,42	0,21	3
Juli	601	4391	7,30	39	3,42	0,14	1
August	685	4231	6,18	39	3,42	0,16	1
September	1180	3414	2,89	39	3,42	0,34	20
Oktober	1953	2985	1,53	39	3,42	0,59	187
November	2763	1863	0,67	39	3,42	0,90	1091
Dezember	3423	1429	0,42	39	3,42	0,97	2037

Summe: 6781

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 43,82 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 56,32 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	43,82 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	77,72 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurch- gangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur- Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärme- brückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Trans- missionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 139,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 10 (Hof)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll- innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	-2,9	31	19	3490
Februar	-1,9	28	19	3008
März	1,5	31	19	2789
April	5,6	30	19	2067
Mai	10,6	31	19	1339
Juni	13,8	30	19	802
Juli	15,4	31	19	574
August	14,9	31	19	653
September	11,7	30	19	1126
Oktober	7,3	31	19	1864
November	1,9	30	19	2637
Dezember	-1,5	31	19	3267
Σ				23615 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
						Summe:	12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone:

10

(Hof)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	144	1814	1350	576	1925
Februar	28	242	3049	2049	520	2569
März	31	312	3931	2925	576	3500
April	30	378	4762	3429	557	3986
Mai	31	410	5165	3843	576	4419
Juni	30	381	4800	3456	557	4013
Juli	31	407	5128	3815	576	4391
August	31	390	4914	3656	576	4231
September	30	315	3969	2857	557	3414
Oktober	31	257	3238	2409	576	2985
November	30	144	1814	1306	557	1863
Dezember	31	91	1146	853	576	1429
			Σ	31947	6777	38725



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3490	1925	0,55	41	3,54	0,94	1677
Februar	3008	2569	0,85	41	3,54	0,84	859
März	2789	3500	1,26	41	3,54	0,68	394
April	2067	3986	1,93	41	3,54	0,49	102
Mai	1339	4419	3,30	41	3,54	0,30	14
Juni	802	4013	5,00	41	3,54	0,20	2
Juli	574	4391	7,65	41	3,54	0,13	0
August	653	4231	6,48	41	3,54	0,15	1
September	1126	3414	3,03	41	3,54	0,33	15
Oktober	1864	2985	1,60	41	3,54	0,57	150
November	2637	1863	0,71	41	3,54	0,89	975
Dezember	3267	1429	0,44	41	3,54	0,97	1882

Summe: 6072

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 39,24 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 51,74 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	39,24 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	71,41 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



X.10. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit = 18 Wh/m³K, Klimazone R13 (Ort: Freiburg)

Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,10	20,45
Dach	92,40	0,24	1,00	0,10	31,42
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,10	22,38
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,10	12,28
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,10	7,79
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				165,41

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

Außenluftwechselrate

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	3076
Februar	3,2	28	19	2552
März	6,6	31	19	2218
April	10,2	30	19	1523
Mai	14,4	31	19	823
Juni	17,7	30	19	225
Juli	19,9	31	19	-161
August	19,2	31	19	-36
September	16,2	30	19	485
Oktober	11,3	31	19	1377
November	6,0	30	19	2250
Dezember	2,7	31	19	2915
Σ				17246 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 165,41 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 165,41$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 240,38 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	3076	1700	0,55	36	3,26	0,93	1495
Februar	2552	2272	0,89	36	3,26	0,81	717
März	2218	3285	1,48	36	3,26	0,60	246
April	1523	3832	2,52	36	3,26	0,39	46
Mai	823	4494	5,46	36	3,26	0,18	3
Juni	225	4666	20,74	36	3,26	0,05	0
Juli	-161	4944	-30,71	36	3,26	-	negativ
August	-36	4709	-131,66	36	3,26	-	negativ
September	485	3759	7,76	36	3,26	0,13	1
Oktober	1377	2891	2,10	36	3,26	0,45	67
November	2250	1954	0,87	36	3,26	0,82	655
Dezember	2915	1597	0,55	36	3,26	0,93	1428

Summe: 4657

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 30,10 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 42,60 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	30,10 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	58,78 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} $W/(m^2K)$	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i) + (\Delta U_{WB} A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	0,05	16,18
Dach	92,40	0,24	1,00	0,05	26,80
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00	0,05	18,65
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00	0,05	10,23
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00	0,05	6,49
Fenster	44,44	1,6	1,00	0,00	71,10
Summe	363,69				149,45

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{l,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	2872
Februar	3,2	28	19	2383
März	6,6	31	19	2070
April	10,2	30	19	1422
Mai	14,4	31	19	768
Juni	17,7	30	19	210
Juli	19,9	31	19	-150
August	19,2	31	19	-33
September	16,2	30	19	452
Oktober	11,3	31	19	1286
November	6,0	30	19	2101
Dezember	2,7	31	19	2722
Σ				16101 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{g,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 149,45 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 149,45$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 224,41 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2872	1700	0,59	39	3,42	0,92	1299
Februar	2383	2272	0,95	39	3,42	0,79	583
März	2070	3285	1,59	39	3,42	0,58	181
April	1422	3832	2,69	39	3,42	0,36	30
Mai	768	4494	5,85	39	3,42	0,17	2
Juni	210	4666	22,21	39	3,42	0,05	0
Juli	-150	4944	-32,90	39	3,42	-	negativ
August	-33	4709	-141,03	39	3,42	-	negativ
September	452	3759	8,31	39	3,42	0,12	0
Oktober	1286	2891	2,25	39	3,42	0,43	46
November	2101	1954	0,93	39	3,42	0,80	535
Dezember	2722	1597	0,59	39	3,42	0,93	1242

Summe:	3918
--------	------

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 25,32 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{\text{tw}} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{\text{tw}}) = 37,82 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	25,32 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	52,20 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohrranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Bauteil	Fläche A_i m^2	Wärmedurchgangskoeffizient U_i $W/(m^2K)$	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} -	pauschaler Wärmebrückenzuschlag ΔH_{WB} W/K	spezifischer Transmissionswärmeverlust $(F_{xi} U_i A_i)$ W/K
Bodenplatte	85,38	0,31	0,5	5,74	11,91
Dach	92,40	0,24	1,00		22,18
AW1 - Außenwand	74,60	0,20	1,00		14,92
AW2 - Außenwand	40,92	0,20	1,00		8,18
AW3 - Außenwand	25,95	0,20	1,00		5,19
Fenster	44,44	1,6	1,00		71,10
Summe	363,69				133,48

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = L_D + \Delta H_{WB} = 139,22 \text{ W/K}$$

Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

beheiztes Gebäudevolumen

(Außenabmessungen)

beheiztes Luftvolumen

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Außenluftwechselrate

mit Luftdichtheitsprüfung nach EnEV Anhang 4

Wärmespeicherfähigkeit der Luft

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$$H_V = n \cdot V \cdot \rho_L \cdot c_{pL}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$V = 367 \text{ m}^3$$

$$n = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho_L \cdot c_{pL} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$H_V = 74,97 \text{ W/K}$$

Berechnung der Wärmeverluste (gesamt) nach EnEV i.V. mit DIN 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	mittlere Außentemperatur der Klimazone $\theta_{e,M}$ in °C	Anzahl der Tage t_M	Soll-innentemperatur θ_i in °C	Wärmeverlust des Monats $Q_{L,M}$ in kWh
Januar	1,8	31	19	2741
Februar	3,2	28	19	2274
März	6,6	31	19	1976
April	10,2	30	19	1357
Mai	14,4	31	19	733
Juni	17,7	30	19	200
Juli	19,9	31	19	-143
August	19,2	31	19	-32
September	16,2	30	19	432
Oktober	11,3	31	19	1227
November	6,0	30	19	2005
Dezember	2,7	31	19	2598
Σ				15368 kWh/a



Berechnung der solaren und internen Wärmegewinne nach EnEV i.V. mit DIN V 4108-6 (Monatsbilanzverfahren)

Berechnung der effektiven Kollektorfläche

Orientierung der Fenster- fläche	Fläche A_i m^2	Gesamtenergie- durchlassgrad nach DIN 4108-4 g -	wirksamer Gesamtenergie- durchlassgrad $0,9 * g$ -	Abminderungs- faktor für Rahmen F_F -	Abminderungs- faktor für Verschattung F_S -	Abminderungs- faktor für Sonnenschutz F_C -	effektive Kollektorfläche $F_F F_S F_C g_i A_i$ m^2
alle	44,44	0,5	0,45	0,70	0,90	1,00	12,60
							-
Summe:							12,60

mittlerer monatlicher solarer Wärmegewinn:

$$\Phi_{s,M} = \sum (I_{s,M,j}) \sum (F_F F_S F_C g_i A_i) \quad (I_{s,M,j}) \text{ aus DIN 4108-6 Tabelle D.5}$$

beheiztes Gebäudevolumen (Außenabmessungen):

Gebäudenutzfläche nach DIN 4108-6

mittlere flächenbezogene interne Wärmeleistung:

$$A_N = 0,32 * V_e$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$A_N = 155 \text{ m}^2$$

$$q_{i,M} = 5 \text{ W/m}^2$$

Berechnung der Wärmegewinne

Klimazone: 13 (Freiburg)

Monat	Anzahl der Tage t_M	Summe der mittl. monatl. Strahlungsinten. der Klimazone $\sum s_{s,M,j}$ in W/m^2	mittl. monatl. solarer Wärme- gewinnstrom $\Phi_{s,M}$ in W	monatlicher solarer Wärmegewinn $Q_{s,M}$ in kWh	monatlicher interner Wärmegewinn $Q_{i,M}$ in kWh	monatlicher Wärmegewinn (gesamt) $Q_{q,M}$ in kWh
Januar	31	120	1512	1125	576	1700
Februar	28	207	2608	1753	520	2272
März	31	289	3641	2709	576	3285
April	30	361	4548	3275	557	3832
Mai	31	418	5266	3918	576	4494
Juni	30	453	5707	4109	557	4666
Juli	31	466	5871	4368	576	4944
August	31	441	5556	4134	576	4709
September	30	353	4447	3202	557	3759
Oktober	31	247	3112	2315	576	2891
November	30	154	1940	1397	557	1954
Dezember	31	109	1373	1022	576	1597
Σ				33326	6777	40103



Berechnung und Nachweis des spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des spezif. auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

spezifischer Transmissionswärmeverlust
wärmeübertragende Umfassungsfläche

$$H_T = 139,22 \text{ W/K}$$

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

$$H_T' = H_T / A$$

$$H_T' = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Ermittlung des maximal zulässigen spezifischen auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes

beheiztes Gebäudevolumen:

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

wärmeübertragende Umfassungsfläche:

$$A = 363,69 \text{ m}^2$$

A/V_e - Verhältnis

$$A/V_e = 0,75$$

maximal zulässiger spezif. auf die Umfassungsfläche
bezogener Transmissionswärmeverlust nach Anhang 1 EnEV

$$H_{T' \max} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.



Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV (Monatsbilanzverfahren)

wirksame Wärmespeicherfähigkeit

für leichte Innenbauweise nach DIN 4108-6:

beheiztes Gebäudevolumen

spezifischer Wärmeverlust

$$H_T = 139,22$$

$$H_V = 74,97$$

$$C_{\text{wirk}} = 18,00 \text{ Wh/(m}^3\text{K)}$$

$$V_e = 483,53 \text{ m}^3$$

$$H = 214,19 \text{ W/K}$$

Monat	Wärmeverluste $Q_{l,M}$ in kWh	Wärmegewinne $Q_{g,M}$ in kWh	Wärmegewinn- Wärmeverlust- verhältnis γ	Zeitkonstante τ in h	numerischer Parameter a	Ausnutzungs- grad η_M	monatlicher Heizwärmebedarf $Q_{h,M}$ in kWh
Januar	2741	1700	0,62	41	3,54	0,92	1175
Februar	2274	2272	1,00	41	3,54	0,78	502
März	1976	3285	1,66	41	3,54	0,56	145
April	1357	3832	2,82	41	3,54	0,35	22
Mai	733	4494	6,13	41	3,54	0,16	1
Juni	200	4666	23,27	41	3,54	0,04	0
Juli	-143	4944	-34,47	41	3,54	-	negativ
August	-32	4709	-147,76	41	3,54	-	negativ
September	432	3759	8,71	41	3,54	0,11	0
Oktober	1227	2891	2,36	41	3,54	0,41	35
November	2005	1954	0,97	41	3,54	0,79	462
Dezember	2598	1597	0,61	41	3,54	0,92	1124

Summe: 3466

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Heizwärmebedarf

$$Q'_h = (\sum Q_{h,M}/\text{pos}) / A_N$$

$$Q_h = 22,40 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Trinkwasser-Wärmebedarf:

$$Q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

auf die Gebäudenutzfläche

bezogener Jahres-Nutzwärmebedarf

$$(Q_h + Q_{tw}) = 34,90 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$



Berechnung und Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach Anhang 1 EnEV

Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes

Jahres-Heizwärmebedarf	$Q_h =$	22,40 kWh/(m ² a)
Nutz-Wärmebedarf für Warmwasserbereitung	$Q_w =$	12,50 kWh/(m ² a)
Anlagen-Aufwandszahl nach DIN 4701-10 [*]	$e_p =$	1,38
Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p =$	48,16 kWh/(m ² a)

Ermittlung des max. zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfes

beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	483,5 m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche:	$A =$	363,69 m ²
A/V_e - Verhältnis	$A/V_e =$	0,75
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	$Q_p'' =$	117,78 kWh/(m ² a)

Beurteilung: Der Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung ist erfüllt.

^{*} Die Anlagen-Aufwandszahl ist geschätzt und muss durch den TGA-Planer präzisiert werden
Dem vorläufigen Wert liegt folgende Anlagenkonfiguration zugrunde:
Anlagentechnik in Standardausführung
(z. B. NT-Kessel, begrenzte Rohranteile in Außenwänden, übliche Thermostatventile)
autarke Energieversorgung für Heizung und Trinkwasser mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas



XI. Presseinformation des Fraunhofer Institut