

BAUPHYSIK

Genehmigungsplanung Thermische Bauphysik

BAUVORHABEN: Modernisierung Schulzentrum Coesfeld

BAUTEIL: Gymnasium BT 1, 2, 3, 4, 7
Schulhaus BT 6
Mensa


BAUHERR: Stadt Coesfeld
Fachbereich Bauen und Umwelt
Markt 8
48653 Coesfeld

PROJEKTSTEUERUNG: assmann GmbH
Mendelstraße 11
48149 Münster

OBJEKTPLANUNG: SSP AG
Lise-Meitner-Allee 30
44801 Bochum

BAUPHYSIK: KREBS+KIEFER
Ingenieure GmbH
Altmarkt 10a | 01067 Dresden
T 0351 250968-0 | F 0351 250968-129

Aktenzeichen:
Dresden, 16.04.2021
Unterschrift:



Dipl.-Ing.(FH) René Horschig

UMFANG: Seiten von 1 bis 164

Schlussseite

zur Genehmigungsplanung Thermische Bauphysik gemäß Inhaltsverzeichnis.

AUFGESTELLT:

Seiten 1 bis 164

Dresden, 16.04.2021

Unterschrift:



Dipl.-Ing. Melanie-Kristin Schmurr

GEGENGELESEN:

Seiten 1 bis 164

Dresden, 16.04.2021

Unterschrift:



Dipl.-Ing. Max Jäger

Inhaltsverzeichnis

Schlussseite	2
1 Vorbemerkungen.....	4
1.1 Objektbeschreibung.....	4
1.2 Aufgabenstellung.....	5
1.3 Planungsgrundlagen	5
2 Anforderungen	7
2.1 Baurechtliche Anforderungen an den Klima- und Wärmeschutz.....	7
2.2 Denkmalschutz	8
2.3 Projektspezifische Anforderungen.....	9
3 Thermische Gebäudehülle.....	10
3.1 Bauteile.....	10
3.2 Wärmebrücken	15
3.3 Luftdichtheit	15
4 Angaben zur Haustechnik.....	16
5 Sommerlicher Wärmeschutz	17
6 Nachweise.....	18
A Bauteilberechnungen Neubaukonstruktionen.....	19
B Bauteile Bestand	34
C Bauteilzuordnungspläne.....	49
D Konstruktive Hinweise	51
E Detaillierte Anlagentechnik.....	52
F Zonierungspläne.....	57
G Thermischer Komfort im Bestand	59
H Vorläufiger Energieausweis	61
I GEG-Berechnung Neubau Schulhaus.....	75
J Referenzberechnung Neubau Schulhaus.....	96
K GEG-Berechnung Erweiterungsneubau Mensa	116
L Referenzberechnung Erweiterungsneubau Mensa	141

1 Vorbemerkungen

1.1 Objektbeschreibung

Die SSP AG plant im Auftrag der Stadt Coesfeld die Sanierung des Schulzentrums Coesfeld, das gemeinsam durch die Theodor-Heuss-Realschule und das städtische Gymnasium Nepomucenum genutzt wird.

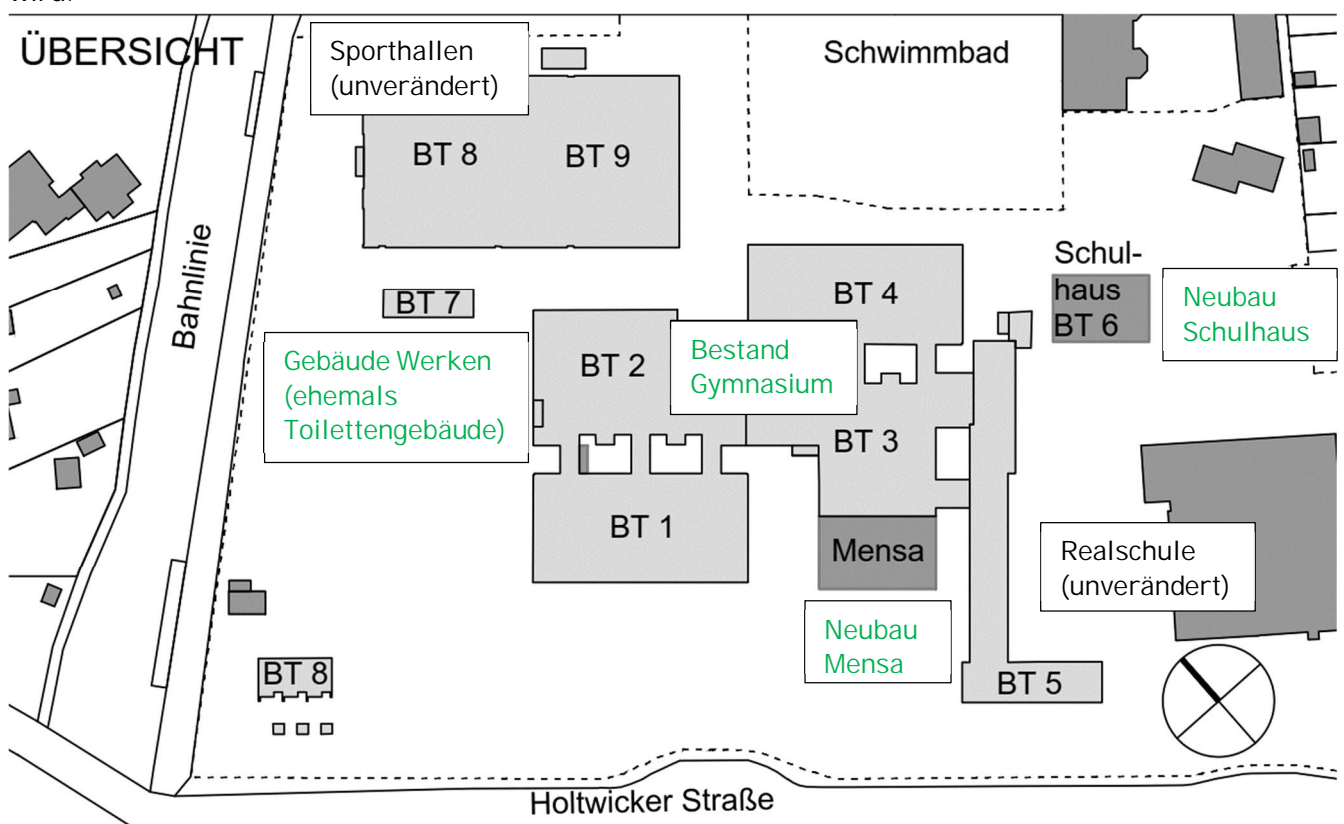


Abbildung 1.1: Übersichtslageplan (SSP AG, Stand 20.02.2019)

Auf dem Gelände des Schulzentrums Coesfeld entstand 1965/66 das erste Gebäude (Bauteil 5); 1977 wurde es um das heutige Hauptgebäude (Bauteil 1,2,3 und 4), zwei Dreifeld-Sporthallen (Bauteil 8 und 9) sowie das Toilettengebäude (Bauteil 7) erweitert. Die im Jahr 1977 errichteten Gebäude besitzen aufgrund ihrer bauzeittypischen Betonfertigteilfeassade den Denkmalstatus. Das Gesamtbauvorhaben umfasst die Sanierung des Gymnasiums (BT 1 – 4), die Umnutzung des Toilettengebäudes (BT7) zu Werkräumen und den Neubau der Mensa sowie eines Schulhauses (BT 6).

1.2 Aufgabenstellung

Die SSP AG plant im Auftrag der Stadt Coesfeld die Sanierung des Schulzentrums Coesfeld. Das Gesamtbauvorhaben umfasst die Sanierung der Bauteile 1-4 und 7, den Erweiterungsneubau der Mensa sowie den Neubau des Schulhauses (BT6).

Für das Bauvorhaben ist KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH unter anderem mit dem Wärmeschutz Nachweis gemäß GEG für den Neubau, den Gebäudebestand und die Erweiterung beauftragt. Das GEG fasst die bisherigen Regelungen zur Energieeinsparverordnung (EnEV), des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG 2013) und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG 2011) zusammen.

Die vorliegende Unterlage enthält im Rahmen der Genehmigungsplanung Planungsdaten und Festlegungen für das Schulzentrum Coesfeld:

- + zur thermischen Gebäudehülle bzw. den wärmeübertragenden Bauteilen
- + zum sommerlichen Wärmeschutz und
- + zu den baurechtlichen Anforderungen gemäß GEG (ab dem 01.11.2020).

1.3 Planungsgrundlagen

Für die Erstellung des vorliegenden Berichts wurden folgende Plangrundlagen verwendet:

Pläne

Grundrisse 1. UG bis OG2, jeweils Blatt 1 - 3	M 1:100	vom 18.12.2020
Dachaufsicht	M 1:200	vom 18.12.2020
Systemschnitt Bestand Fassade	M 1:20	vom 12.12.2018
Ehem. Hauptschule 1. Obergeschoss - Musterklassenraum	M 1:25	vom 03.03.2020

angefertigt von:

SSP AG
Lise-Meitner-Allee 30
44801 Bochum

Literatur

- [1] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) vom 08.08.2020
- [2] DIN V 4108-2: 2013-02 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden“, „Mindestanforderung an den Wärmeschutz“

- [3] DIN V 4108-3: 2014-11 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden“, „Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung“
- [4] Beiblatt 2 zur DIN V 4108:2006-03 „Wärmebrücken- Planungs- und Ausführungsbeispiele“
- [5] DIN V 18599-1 bis -11: 2011-12 „Energetische Bewertung von Gebäuden“
- [6] DIBt - Deutsches Institut für Bautechnik, Fachinstitut Bautechnik der Bauministerkonferenz: Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung - Teil 11; Beschluss vom 09.12.2009
- [7] Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand, herausgegeben vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie sowie vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, vom 7. April 2015

Weitere Planungsunterlagen

- [8] E-Mail vom 28.01.2020 mit Betreff „706_20191122_Aktenvermerk_Mauerwerksbrüstung“ von KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH an SSP AG
- [9] Gutachten zur Bestandstofferhebung (inkl. Umbau- und Entsorgungskonzept) aufgestellt von GEOlogik Wilbers & Oeder GmbH, vom 11.02.2019
- [10] 736_200212_Zwischenpräsentation_Entwurfsplanung Unterlagen Bauphysik angefertigt von KREBS+KIEFER Ingenieure vom 12.02.2020
- [11] Bauphysikalische Grundlagen Anlagentechnik vom 23.01.2020, erstellt von KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH
- [12] Rückmeldung zu [11] (HLS) von Hr. Ernst (SSP AG) am 23.02.2020
- [13] Rückmeldung zu [11] (ELT) von Hr. Öztürk (SSP AG) am 24.02.2020
- [14] 736_Zwischenpräsentation Vorplanung_Unterlagen Bauphysik angefertigt von KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH vom 27.02.2019
- [15] Protokoll zur Zwischenpräsentation Vorplanung vom 27.02.2019, aufgestellt von assmann GmbH am 04.03.2019
- [16] E-Mail vom 05.03.2020 mit Betreff „Ausführung Mauerwerksbrüstung Musterklassenraum“ von KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH an SSP AG
- [17] Vorplanungsunterlage Thermische Bauphysik vom 08.03.2019 erstellt durch KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH
- [18] E-Mail vom 18.03.2020 mit Betreff „Wärmebedarf Gesamtliegenschaft nach Stundenhäufigkeit der auftretenden Außentemperatur nach DIN4710“ von SSP AG an KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH
- [19] Dokument zur thermisch-dynamischen Gebäudesimulation vom 20.01.2021 erstellt durch KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH
- [20] E-Mail mit Betreff: [8720_SZCOE] RE: 702_20200812_Ergebnis zur Bestimmung des fp-Wertes_Weiteres Vorgehen_Rückmeldung, vom 20.08.2020, von SSP AG Hr. Ernst

2 Anforderungen

2.1 Baurechtliche Anforderungen an den Klima- und Wärmeschutz

Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) stellt in Verbindung mit den der Verordnung zugrundeliegenden Normtexten (DIN V 18599, DIN 4108-2, etc.) Anforderungen an die Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, die Qualität des baulichen Wärmeschutzes und der haustechnischen Anlagen (Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, RLT, Beleuchtung).

Gesamtenergiebedarf (§ 18 GEG)

Ein zu errichtendes Nichtwohngebäude ist so zu errichten, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung das 0,75-fache des auf die Nettogrundfläche bezogenen Wertes des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes, das die gleiche Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung, einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten, wie das zu errichtende Gebäude aufweist und der technischen Referenzausführung der Anlage 2 des GEG entspricht, nicht überschreitet.

Mindestwärmeschutz (§ 11 GEG)

Bei einem zu errichtenden Gebäude sind Bauteile, die gegen die Außenluft, das Erdreich oder gegen Gebäudeteile mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen abgrenzen, so auszuführen, dass die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013-02 und DIN 4108-3:2018-10 erfüllt werden. Zur Sicherung ausreichend hygienischer Verhältnisse darf die Oberflächentemperatur auf der Innenseite der Außenbauteile eine Mindesttemperatur von 12,6 °C bei Normrandbedingungen nicht unterschreiten. Der Mindestwärmeschutz für wärmeübertragende Bauteile ist lückenlos an jeder Stelle der wärmeübertragenden Hüllfläche (insbesondere im Bereich von Wärmebrücken) einzuhalten. Fenster inkl. Rahmenkonstruktion sind von der Forderung der inneren Oberflächentemperatur ausgenommen.

Ist bei einem zu errichtenden Gebäude bei aneinandergereichter Bebauung die Nachbarbebauung nicht gesichert, müssen die Gebäudetrennwände den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach Absatz 1 genügen.

Baulicher Wärmeschutz Neubau (§ 19 GEG)

Ein zu errichtendes Nichtwohngebäude ist so zu errichten, dass die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche der Anlage 3 nicht überschritten werden.

Baulicher Wärmeschutz Bestand (§ 46, 48 GEG)

Außenbauteile eines bestehenden Gebäudes dürfen nicht in einer Weise verändert werden, dass die energetische Qualität des Gebäudes verschlechtert wird. Soweit bei bestehenden Gebäuden Außenbauteile im Sinne der Anlage 7 erneuert, ersetzt oder erstmalig eingebaut werden, sind diese Maßnahmen so auszuführen, dass die betroffenen Flächen des Außenbauteils die Wärmedurchgangskoeffizienten der Anlage 7 nicht überschreiten.

Dichtheit (§ 13 GEG)

Ein Gebäude ist so zu errichten, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig nach den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist. Öffentlich-rechtliche Vorschriften über den zum Zweck der Gesundheit und Beheizung erforderlichen Mindestluftwechsel bleiben unberührt.

Sommerlicher Wärmeschutz (§ 14 GEG)

Im Rahmen des Nachweises zum sommerlichen Wärmeschutz sind für Neubauten und Erweiterungen bestehender Gebäude über 50 m² die Vorgaben der DIN 4108-2:2013-02 einzuhalten. Diese erlauben die Nachweisführung:

- + nach dem Sonneneintragskennwertverfahren gemäß DIN 4108-2 Abschnitt 8.3 (vereinfachtes Verfahren mit standardisierten Randbedingungen) oder
- + mittels thermischer Gebäudesimulation gemäß DIN 4108-2 Abschnitt 8.4 (dynamisch-thermische Simulationsrechnung mit standardisierten Randbedingungen).

Gemäß GEG bestehen keine bauordnungsrechtlichen Anforderungen an den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013-02 für Bestandsgebäude.

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs (§ 10, § 34 GEG)

Das Gebäude ist so zu errichten, dass der Wärme- und Kälteenergiebedarf zumindest anteilig durch die Nutzung erneuerbarer Energien nach Maßgabe der §§ 34 bis 45 gedeckt wird.

Die Maßnahmen nach den §§ 35 bis 45 können miteinander kombiniert werden. Die prozentualen Anteile der tatsächlichen Nutzung der einzelnen Maßnahmen im Verhältnis der jeweils nach den §§ 35 bis 45 vorgesehenen Nutzung müssen in der Summe 100 Prozent Erfüllungsgrad ergeben.

Als Maßnahmen sind die Nutzungen von solarthermischen Anlagen, Strom aus erneuerbaren Energien, Geothermie oder Umweltwärme, fester Biomasse, Nutzung von flüssiger Biomasse, Nutzung von gasförmiger Biomasse, Kälte aus erneuerbaren Energien, Abwärme, Kraft-Wärme-Kopplung, Fernwärme oder Fernkälte sowie zusätzlichen Maßnahmen zur Einsparung von Energie geeignet.

Ausstellung und Verwendung von Energieausweisen (§ 80 GEG)

Wird ein Gebäude errichtet, ist ein Energiebedarfsausweis unter Zugrundelegung der energetischen Eigenschaften des fertiggestellten Gebäudes auszustellen. Der Eigentümer hat sicherzustellen, dass der Energieausweis unverzüglich nach Fertigstellung des Gebäudes ausgestellt und ihm der Energieausweis oder eine Kopie hiervon übergeben wird. Die Sätze 1 und 2 sind für den Bauherren entsprechend anzuwenden, wenn der Eigentümer nicht zugleich Bauherr des Gebäudes ist. Der Eigentümer hat den Energieausweis der nach Landesrecht zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

2.2 Denkmalschutz

Da die 1977 errichteten Gebäudeteile des Schulzentrums Coesfeld unter Denkmalschutz stehen, werden sie von dem folgenden Paragraphen aus dem GEG tangiert.

Laut §105 GEG kann von den Anforderungen dieses Gesetzes abgewichen werden, „soweit bei einem Baudenkmal, bei auf Grund von Vorschriften des Bundes- oder Landesrechts besonders geschützter

Bausubstanz oder bei sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz die Erfüllung der Anforderungen dieses Gesetzes die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigt oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen.“

Die Einhaltung der zuvor genannten gesetzlichen Anforderungen sollte dennoch angestrebt werden, um die Energieeffizienz des Bestandsgebäudes zu verbessern und damit nicht nur die Ressourcen und die Umwelt zu schonen, sondern auch den Nutzerkomfort im Gebäude zu steigern.

2.3 Projektspezifische Anforderungen

Über die bauordnungsrechtlichen Anforderungen hinaus, sind keine erhöhten Anforderungen geplant. Es handelt sich gemäß GEG bei den untersuchten Gebäuden um Nichtwohngebäude mit normalen Innentemperaturen.

3 Thermische Gebäudehülle

3.1 Bauteile

3.1.1 Neubaukonstruktionen (Schulhaus, BT 6)

Die wärmetechnische Auslegung der neuen Bauteile erfolgt in Anlehnung an die U-Werte des Referenzgebäudes des GEG. Für die maßgeblichen wärmeübertragenden Bauteile sind die Dämmstärken mit der dazugehörigen Wärmeleitfähigkeit λ [W/(mK)] nach DIN 4108-4:2017-03 in der nachfolgenden Tabelle 3.1 und Tabelle 3.2 aufgeführt.

Für die Bauteile des Neubaus des Schulgebäudes sind die folgenden U-Werte und Dämmqualitäten einzuhalten:

Tabelle 3.1: Bauteilübersicht opake Bauteile, Neubau Schulhaus

Nr.	Bauteil	Wärmeschutzrelevante Bauteilschicht		U-Wert W/(m²K)
		Dämmstoffdicke	Wärmeleitstufe	
Vertikale Bauteile				
SH-V1	Außenwand	18 cm	WLS 035	0,23
SH-V2	Außentür verglast	-	-	1,50
Horizontale Bauteile				
SH-H1	Dach	22 cm	WLS 040	0,17
SH-H2	Bodenplatte	10 cm	WLS 045	0,39
SH-H3	Geschossdecke gegen Außenluft	16 cm	WLS 040	0,29

Tabelle 3.2: Bauteilübersicht transparente Bauteile, Neubau Schulhaus

Nr.	Bauteil	U _w -/ U _{cw} -Wert W/(m²K)
Transparente Bauteile		
SH-T1	Fenster	1,10
SH-T2	Lichtkuppel	2,00

Die exemplarischen Bauteilberechnungen für die Neubaukonstruktionen sind in Anhang A.1 aufgeführt. Bei der Ausführung dieser Bauteile sind die folgende Hinweise zu beachten:

Dachkonstruktion

Flachdächer sind als Warmdächer mit einer Gefälledämmung geplant. Lokal begrenzte Reduzierungen auf Dämmschichtstärken ≥ 12 cm, z.B. im Bereich von Dacheinläufen, sind zulässig.

Decke nach unten

Decken über unbeheizten Räumen z.B. den Keller- und Technikräumen, sind auf der kalten Seite zu dämmen. Geschossdecken, welche nach unten gegen Außenluft angrenzen, sind unterseitig mit einer umlaufenden Wärmedämmung zu versehen.

Außenwand

Für die vorgehängten Fassaden ist eine U-Wert Korrektur von 25 % für die mechanischen Befestigungsmittel berücksichtigt. Diese entfällt bei der Ausführung von WDVS.

Außenwände zu unbeheizten Räumen sind auf der kalten Seite mit Wärmedämmung zu versehen.

Erdberührte Bauteile

Erdberührte Außenwände sind auf der Außenseite mit einer Perimeterdämmung mit entsprechender Zulassung zu planen.

Fenster

Für die Fenster ist der jeweilige Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizient U_w zu beachten (Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung einschl. Rahmen). Der dazugehörige Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung mit Verschattung ist dem Nachweis zum Sommerlichen Wärmeschutz (Kapitel 5) zu entnehmen in Abhängigkeit des gewählten Sonnenschutzkonzeptes.

3.1.2 Neubaukonstruktionen (Erweiterungsneubau Mensa)

Die wärmetechnische Auslegung der neuen Bauteile erfolgt in Anlehnung an die U-Werte des Referenzgebäudes des GEG. Für die maßgeblichen wärmeübertragenden Bauteile sind die Dämmstärken mit der dazugehörigen Wärmeleitfähigkeit λ [W/(mK)] nach DIN 4108-4:2017-03 in der nachfolgenden Tabelle 3.3 und Tabelle 3.4 aufgeführt.

Für die Bauteile des Erweiterungsneubaus Mensa sind die folgenden U-Werte und Dämmqualitäten einzuhalten:

Tabelle 3.3: Bauteilübersicht opake Bauteile, Erweiterungsneubau Mensa

Tabelle 6.1: Bauteileigenschaften, U-Werte, angenehme Wärme				
Nr.	Bauteil	Wärmeschutzrelevante Bauteilschicht		U-Wert W/(m²K)
		Dämmstoffdicke	Wärmeleitstufe	
Vertikale Bauteile				
M-V1	Außenwand	18 cm	WLS 035	0,23
Horizontale Bauteile				
M-H1	Dach	22 cm	WLS 040	0,17
M-H2	Bodenplatte	10 cm	WLS 045	0,40

Tabelle 3.4: Bauteilübersicht transparente Bauteile, Erweiterungsneubau Mensa

Nr.	Bauteil	U _w -/ U _{cw} -Wert W/(m²K)
Transparente Bauteile		
M-T1	Fassade	1,20
M-T2	Fenster	1,10
M-T3	Fenstertüren	1,50
M-T4	Lichtkuppel	2,00

Die exemplarischen Bauteilberechnungen für die Neubaukonstruktionen sind in Anhang A.2 aufgeführt. Bei der Ausführung dieser Bauteile sind neben den bereits in Abschnitt 3.1.1 aufgeführten Hinweisen die folgenden Ausführungshinweise zu beachten:

Vorhangfassade

Im Bereich des Veranstaltungssaales wird die Gebäudehülle als eine vorgehängte nicht tragende Fassade (M-T1) geplant. Das Gesamtsystem ist in dem jeweiligen U_{cw}-Wert auszuführen. Der dazugehörige Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung mit Verschattung ist dem Nachweis zum Sommerlichen Wärmeschutz (Kapitel 5) zu entnehmen in Abhängigkeit des gewählten Sonnenschutzkonzeptes.

3.1.3 Bestandskonstruktionen

Für bestehende Konstruktionen sind die U-Werte auf Grundlage des aktuellen Planstandes und auf Basis bauzeittypischer Konstruktionen [7] angesetzt. Eine schematische Übersicht aller Bauteile ist in Anlage B zu finden.

Bauteil 1+2+3+4

Das 1977 erbaute Hauptgebäude ist weitestgehend in Stahlbetonskelettbauweise mit vorgehängter Fassade errichtet. Vereinzelt sind Mauerwerksbauteile vorhanden, besonders im Pädagogischen Zentrum. Im Zuge der Sanierungsmaßnahme sollen folgende Einzelmaßnahmen umgesetzt werden:

- + Austausch Fenster-/ Türelemente der Fassade
- + Innendämmung Heizkörpernischen
- + Laibungsdämmung Betonbauteile
- + Dämmung doppelschaligen Fassadenwände im Bestand
- + Dämmung Decke EG/UG.

Auf Basis des aktuellen Planstandes kann von folgenden Bauteileigenschaften im sanierten Zustand ausgegangen werden:

Tabelle 3.5: Bauteilübersicht opake Bauteile, Sanierung

Nr.	Bauteil	Wärmeschutzrelevante Bauteilschicht		U-Wert W/(m²K)
		Dämmstoffdicke	Wärmeleitstufe	
Vertikale Bauteile				
B-V1	HK Nische Fassade	36,5 cm	WLS 070	0,18
B-V2	Fassade *	17,5 cm	WLS 070	0,35
B-V3	Bestandsfassade + Innendämmung *	6 cm	WLS 050	0,63
B-V4	Fassade Sturz *	8 cm	WLS 050	0,51
B-V5	Außentür Metall	-	-	1,80
Horizontale Bauteile				
B-H1	Kellerdecke	10 cm	WLS 035	0,30
B-H2	Decke Außenluft	6 cm	WLS 040	0,55

Tabelle 3.6: Bauteilübersicht transparente Bauteile, Sanierung

Nr.	Bauteil	U_w -/ U_{cw} -Wert $W/(m^2K)$
Transparente Bauteile		
B-T1	Fenster Treppenhaus	1,30
B-T2	Pfosten-Riegel-Fassade	1,50
B-T3	Lichtkuppel	1,40

Mit * gekennzeichnete Bauteile sind energetisch auf die Mindestanforderungen der DIN 4108-2 ausgelegt.

Bauteil 7

Das Toilettengebäude wurde zeit- und baugleich zum Hauptgebäude im Jahr 1977 errichtet. Im Zuge der Sanierungsmaßnahme ist eine Umnutzung geplant. Auf Basis des aktuellen Planstandes kann von folgenden Bauteileigenschaften im sanierten Zustand ausgegangen werden:

Tabelle 3.7: Bauteilübersicht opake Bauteile,

Tabelle 3.7: Bauteilübersicht opake Bauteile,				
Nr.	Bauteil	Wärmeschutzrelevante Bauteil- schicht		U-Wert W/(m²K)
		Dämmstoffdicke	Wärmeleitstufe	
Vertikale Bauteile				
B-V6	Außenwand BT 7 * ¹	6 cm	WLS 050	0,58
B-V7	Außentür BT 7 *	-		1,80

Tabelle 3.8: Bauteilübersicht transparente Bauteile

Nr.	Bauteil	U_w -/ U_{cw} -Wert $W/(m^2K)$
Transparente Bauteile		
B-T4	Fenster BT 7	1,30
B-T5	Lichtkuppel BT 7	1,40

*¹ Sofern im Zwischenraum keine Dämmebene vorhanden, ist der oben genannte Aufbau vorzusehen.

Mit * gekennzeichnete Bauteile sind energetisch auf die Mindestanforderungen der DIN 4108-2 ausgelegt.

3.2 Wärmebrücken

Zur Gewährleistung einer dauerhaften Luftundurchlässigkeit und zur Minimierung von Wärmebrücken der Gebäudehülle sind konstruktive Anschlussdetails so auszubilden, dass der Wärmedurchgang so gering wie möglich gehalten wird und die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig gemäß den anerkannten Regeln der Technik ausgebildet sind.

Der Wärmebrückenzuschlag wird für den Neubau des Schulhauses sowie den Anbau der Mensa pauschal mit $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ angesetzt, d. h. die gesamte thermische Gebäudehülle ist lückenlos mit einer Wärmedämmung zu umschließen.

3.3 Luftdichtheit

Die Gebäude sind nach DIN 4108-7:2011-01 luftdicht auszuführen. Zur Bewertung der Gebäudedichtheit werden in der Tabelle 4 der DIN V 18599-2:2011-12 Bemessungswerte n_{50} für den Luftwechsel bei einer Druckdifferenz von 50 Pa angegeben. Dieser Wert ist ein Maß für die Infiltration infolge undichter Fenster- und Bauteilanschlüsse.

Im Rahmen des Wärmeschutznachweises wird eine Luftdichtigkeitsprüfung (Blower-Door-Test) sowohl für den Neubau des Schulhauses als auch für den Erweiterungsneubau der Mensa angesetzt.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der Einfluss der Luftdichtigkeit auf den Energiebedarf des Gebäudes erheblich ist. Darüber hinaus stellt der Blower-Door-Test eine sinnvolle Möglichkeit dar, die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle im Neubau zu überprüfen und ggf. über Nachbesserungen zu optimieren.

4 Angaben zur Haustechnik

Für die energetische Bewertung der Neubauten wird das Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018 angewendet. Die haustechnischen Anlagen bilden dabei neben der thermischen Gebäudehülle die Grundlage für die energetische Bilanzierung.

Das Gebäude wird nach normativ vorgegebenen Kriterien in mehrere Zonen unterteilt. In der folgenden Tabelle 4.1 sind die im Gebäude geplanten Nutzungen mit der zugehörigen Konditionierung durch die Anlagentechnik in einer Übersichtsmatrix zusammengefasst:

Tabelle 4.1: Konditionierungsmatrix

Zone	Nutzung	Heizung	Kühlung	mechan. Belüftung	mechan. Entlüftung	Beleuchtung	Warmwasser	Feuchteanforderung
Neubau Schulhaus BT 6								
1.1	Klassenzimmer	x	-	-	-	x	-	-
1.2	Sanitär	-	-	-	x	x	-	-
1.3	Verkehrsfläche	x	-	-	-	x	-	-
1.4	Büro	x	-	-	-	x	-	-
Erweiterungsneubau Mensa								
2.1	Mensa	x	-	x	x	x	-	-
2.2	Verkehrsflächen	x	-	-	-	x	-	-
2.3	Küche	x	-	x	x	x	-	-
2.4	Nebenräume	x	-	x	x	x	-	-
2.5	Büro	x	-	-	-	x	-	-
2.6	Technik	-	-	-	-	x	-	-
2.7	Sanitär	x	-	-	x	x	-	-

Die energetische Wärmeversorgung der Gebäude erfolgt über Luft-Wasser-Wärmepumpen.

Die detaillierten Angaben zur Beleuchtung, Belüftung, Klimakältesystem, Warmwasser und dem Heizsystem sind der Anlage E zu entnehmen und basieren auf den mit den Fachplanern abgestimmten Angaben zur technischen Gebäudeausrüstung. [11], [12], [13].

5 Sommerlicher Wärmeschutz

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist gemäß GEG §14 für die Erweiterungen in Form der Mensa und dem Neubau des Schulhauses nach den Vorgaben der DIN 4108-2 zu führen. Beim vorliegenden Bauvorhaben erfolgt der Nachweis des Sommerlichen Wärmeschutzes mit Hilfe thermisch-dynamischen Gebäudesimulation nach Abschnitt 8.4 der Norm.

Im Gegensatz zum statischen Nachweisverfahren können dabei auch die Eigen- und Fremdverschattung der Fassaden, der Jahresverlauf der Außentemperatur, die genauen Parameter des geplanten Sonnenschutzsystems, die Lüftung u.v.m. detailliert berücksichtigt werden. Die Nachweisführung erfolgt anhand normativer Randbedingungen von Übertemperaturgradstunden der operativen Innentemperaturen. Zur Einhaltung des Nachweises muss ein normativer Grenzwert eingehalten werden.

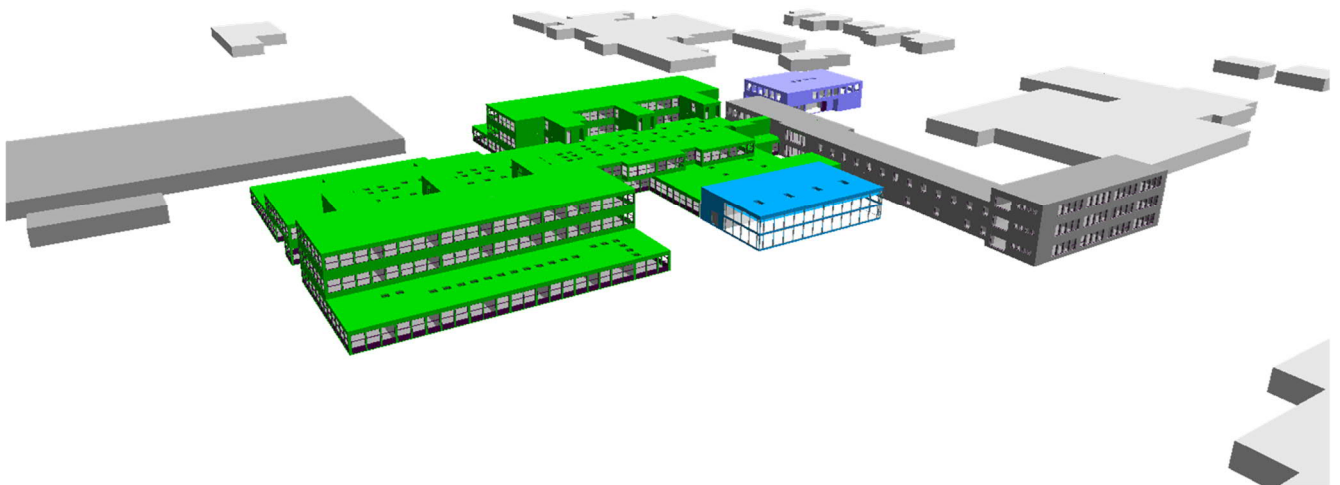


Abbildung 5.1: 3D-Modell des Schulzentrums Coesfeld

Die Ergebnisse und Randbedingungen des Nachweises zum Sommerlichen Wärmeschutz für die Mensa und den Neubau des Schulhauses werden in einer gesonderten Unterlage dargestellt. [19]

Gemäß GEG bestehen keine bauordnungsrechtlichen Anforderungen an den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013-02 für Bestandsgebäude. Darüber hinaus gehend ist informativ der thermische Komfort untersucht, um die solaren Einträge und damit die sommerliche Überhitzung in den Aufenthaltsräumen zu verringern. Die Ergebnisse sind im Anhang G dargestellt. Im Zuge der Sanierungsmaßnahme ist für den Gebäudebestand (Bauteil 1+2+3+4) die Ertüchtigung des vorhandenen außenliegenden Sonnenschutzes sowie die Ausführung der Fenster mit einem g-Wert von $g \leq 0,30$ geplant (Variante in Grün).

6 Nachweise

Grundsätzlich ist im bauordnungsrechtlichen Sinne der Nachweis gemäß dem am 01.11.2020 gültigen Gebäudeenergiegesetz (GEG) einzuhalten.

Thermische Gebäudehülle

Auf Grundlage des aktuellen Kenntnisstandes ergeben sich folgende Ergebnisse für die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten:

Neubau Schulhaus BT 6	\bar{U}_{vorh}		\bar{U}_{GEG}	
Opake Bauteile:	0,21 W/m ² K	<	0,28 W/m ² K	Nachweis erfüllt
Fenster:	1,10 W/m ² K	<	1,50 W/m ² K	Nachweis erfüllt
Lichtkuppel:	2,00 W/m ² K	<	2,50 W/m ² K	Nachweis erfüllt

Erweiterungsneubau Mensa	\bar{U}_{vorh}		\bar{U}_{GEG}	
Opake Bauteile:	0,19 W/m ² K	<	0,28 W/m ² K	Nachweis erfüllt
Fenster:	1,10 W/m ² K	<	1,50 W/m ² K	Nachweis erfüllt
Vorhangsfassade	1,20 W/m ² K		1,50 W/m ² K	Nachweis erfüllt
Lichtkuppel:	2,00 W/m ² K	<	2,50 W/m ² K	Nachweis erfüllt

Jahres-Primärenergiebedarf

Auf Grundlage des aktuellen Kenntnisstandes ergeben sich folgende Ergebnisse für den flächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarf \dot{Q}_{P}'' :

	$\dot{Q}_{\text{P, vorh}}''$		$\dot{Q}_{\text{P, Ref}^*0,75}''$	
Neubau Schulhaus BT 6	80,3 kWh/m ² a	<	95,3 kWh/m ² a	Nachweis erfüllt
Erweiterungsneubau Mensa	256,6 kWh/m ² a	<	265,3 kWh/m ² a	Nachweis erfüllt

Sommerlicher Wärmeschutz

Es wurden maßgebliche Räume untersucht und unter Berücksichtigung der Sonnenschutzmaßnahmen gemäß Unterlage zur thermisch-dynamischen Gebäudesimulation [19][18] werden in allen Aufenthaltsbereichen die Anforderungen gemäß DIN 4108-2 erfüllt.

Erneuerbare Energien

Auf Grundlage des aktuellen Kenntnisstandes ergeben sich folgende Ergebnisse für die Erfüllung der anteiligen Nutzungspflicht erneuerbarer Energie. Die Anforderungen werden durch Nutzung von Umweltenergie wie folgt erfüllt:

	Deckungsanteil erzielt:		Deckungsanteil gefordert:	
Neubau Schulhaus BT 6	98,3 %	>	50 %	Nachweis erfüllt
Erweiterungsneubau Mensa	98,4 %	>	50 %	Nachweis erfüllt

A Bauteilberechnungen Neubaukonstruktionen

Alle Angaben des Bauteilkataloges basieren auf den Annahmen des derzeitigen Planungsstands und sind hinreichend genau.

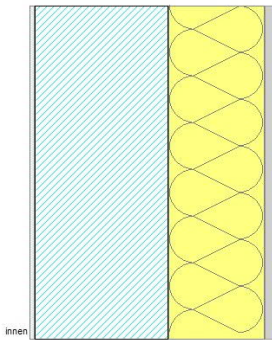
Die Bauteilaufbauten sind exemplarisch angegeben. Die dargestellten Bauteile treffen eine maßgebliche Aussage zum Wärmeschutz sowie zu den erforderlichen Dämmstoffstärken und -qualitäten.

Gleichwertige Ausführungen unter Beachtung der gestellten bauphysikalischen Anforderungen in der Ausführungsplanung der Objekt- und Fachplanung sind möglich und der Detailplanung der Objektplanung zu entnehmen.

Jede Reduzierung oder Änderung der geplanten Dämmstoffstärken und -qualitäten im Zuge der weiteren Ausführungsplanung ist mit dem Sachverständigen abzustimmen.

A.1 Neubau Schulhaus BT 6

A.1.1 Außenwand (SH-V1)



Bauteiltyp "Außenwand"

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Oberfläche gem. Objektplanung	1,00	1400	14,0	–	–
02 Tragkonstruktion gemäß Statik	25,00	1800	432,0	0,990	0,253
03 Dämmung WLS 035	18,00	30	5,4	0,035	5,143
04 Aufbau gem. Objektplanung	2,00	1800	36,0	–	–
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 46,00	G =	487,4	$R_T =$	5,57

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,180 + 0,045 = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,045 Befestigungsmittel

U-Wert Gesamtkorrektur = 25%

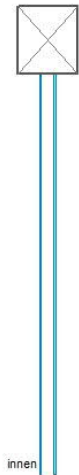
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 5,40 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.1.2 Außentür transparent (SH-V2)



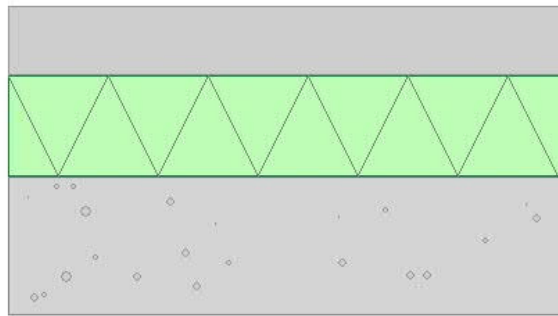
Bauteiltyp "Außentür verglast"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.1.3 Dach (SH-H1)



Bauteiltyp "Dachdecke"

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,10
01 Decke gem. Angaben TWP	28,00	2300	644,0	2,300	0,12
02 Dämmung 040	22,00	25	5,5	0,040	5,50
03 Dachaufbau gem. Objektplanung	15,00	–	–	–	–
R_{se}					0,04
<hr/>					
	d = 65,00	G =	649,5	$R_T =$	5,76

Wärmedurchgangskoeffizient

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

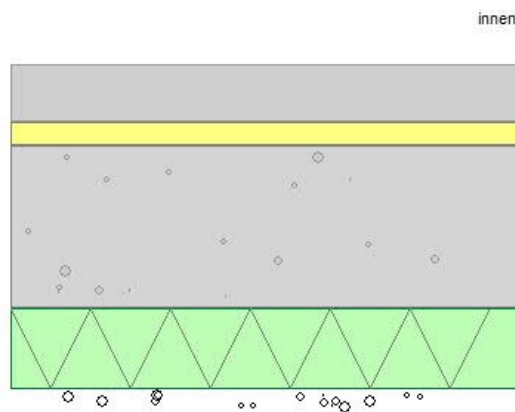
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 5,62 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.1.4 Bodenplatte (SH-H2)



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,17
01 FB-Aufbau gemäß Objektplanung	7,00	–	–	–	–
02 Trittschalldä. gem. Bauakustikun	3,00	30	0,9	–	–
03 Dämmung WLS 045	10,00	25	2,5	0,045	2,22
04 Bodenplatte gem. Angaben TWP	35,00	2300	805,0	2,300	0,15
R_{se}					0,00
<hr/>					
	d = 55,00	G =	808,4	$R_T =$	2,54

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,39 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

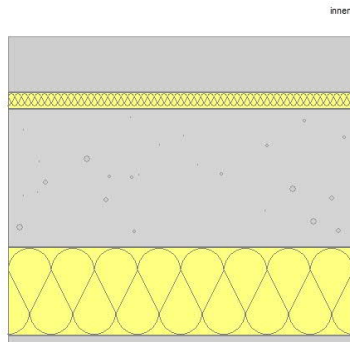
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Sohlplatten, unmittelbar an das Erdreich grenzend bis zu einer Raumtiefe von 5 m (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tab.3.

R $2,37 \geq 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.1.5 Geschossdecke gegen Außenluft (SH-H3)



Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,17
01 FB-Aufbau gem. Objektplanung	10,00	-	-	-	-
02 Trittschalldä. gem. Bauakustiku	3,00	20	0,6	-	-
03 Decke gem. Angaben TWP	32,00	2300	736,0	2,300	0,14
04 Wärmedämmung WLS 040	16,00	20	3,2	0,040	4,00
05 Oberfläche gem. Objektplanung	1,50	-	-	-	-
R_{se}					0,04
<hr/>					
	d = 62,50	G = 739,8		$R_T = 4,35$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,230 + 0,057 = 0,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,057 Befestigungsmittel

U-Wert Gesamtkorrektur = 25%

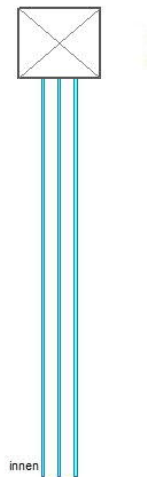
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 4,14 \geq 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.1.6 Fenster (SH-T1)



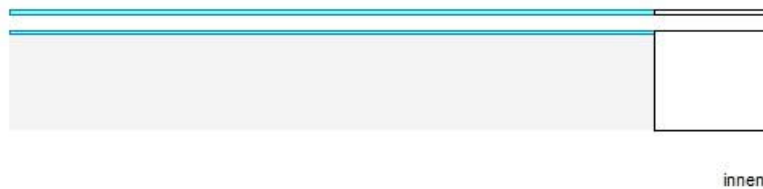
Bauteiltyp "Fenster"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{KW}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.1.7 Lichtkuppel (SH-T2)



Bauteiltyp "Fenster"

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

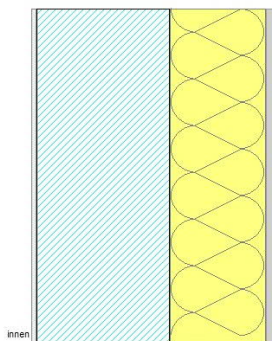
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 2,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.2 Erweiterungsneubau Mensa

A.2.1 Außenwand (M-V1)



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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Oberfläche gem. Objektplanung	1,00	1400	14,0	–	–
02 Tragkonstruktion gemäß Statik	25,00	1800	432,0	0,990	0,253
03 Dämmung WLS 035	18,00	30	5,4	0,035	5,143
04 Aufbau gem. Objektplanung	2,00	1800	36,0	–	–
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 46,00	G = 487,4		$R_T = 5,57$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,180 + 0,045 = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,045 Befestigungsmittel

U-Wert Gesamtkorrektur = 25%

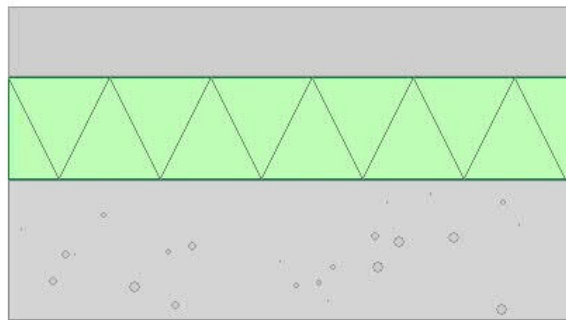
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 5,40 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.2.2 Dach (M-H1)



Bauteiltyp "Dachdecke"

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,10
01 Decke gem. Angaben TWP	24,00	2300	552,0	2,300	0,10
02 Dämmung 040	22,00	25	5,5	0,040	5,50
03 Dachaufbau gem. Objektplanung	15,00	–	–	–	–
R_{se}					0,04
<hr/>					
	d = 61,00	G =	557,5	$R_T =$	5,74

Wärmedurchgangskoeffizient

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

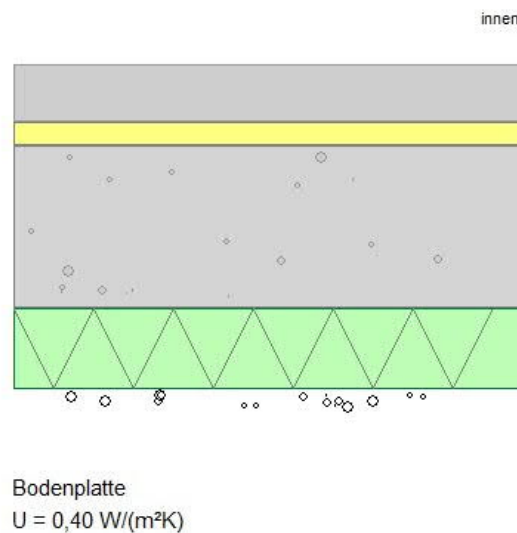
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 5,60 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.2.3 Bodenplatte (M-H2)



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,17
01 FB-Aufbau gemäß Objektplanung	7,00	-	-	-	-
02 Trittschalldä. gem. Bauakustikun	3,00	30	0,9	-	-
03 Bodenplatte gem. Angaben TWP	30,00	2300	690,0	2,300	0,13
04 Dämmung WLS 045	10,00	25	2,5	0,045	2,22
R_{se}					0,00
<hr/>					
	d = 50,00	G =	693,4	$R_T =$	2,52

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

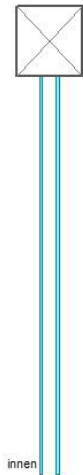
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Sohlplatten, unmittelbar an das Erdreich grenzend bis zu einer Raumtiefe von 5 m (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 2,35 \geq 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.2.4 Fassade (M-T1)



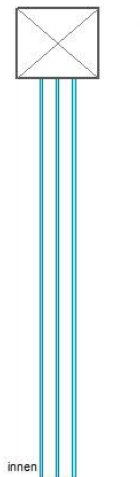
Bauteiltyp "Fenster"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.2.5 Fenster (M-T2)



Bauteiltyp "Fenster"

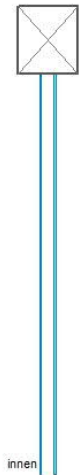
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.2.6 Fenstertüren (M-T3)



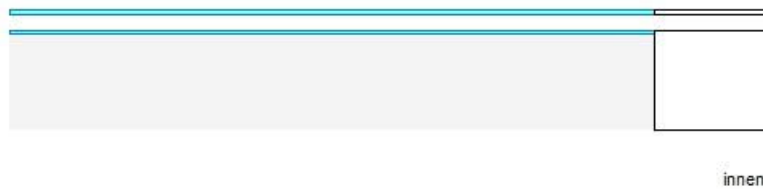
Bauteiltyp "Außentür verglast"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{KW}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

A.2.7 Lichtkuppel (M-T4)



Bauteiltyp "Fenster"

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 2,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

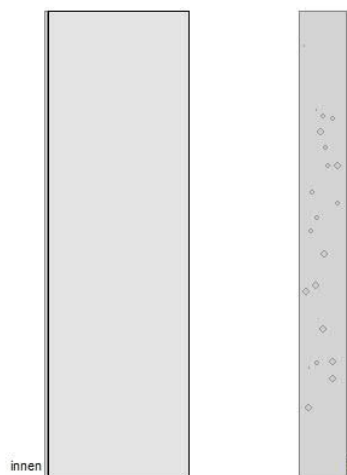
Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B Bauteile Bestand

Alle Angaben des Bauteilkataloges basieren auf den Annahmen des derzeitigen Planungsstands und sind hinreichend genau. Im weiteren Planungsverlauf sind die exakten Bauteilaufbauten und deren energetischer Ausgangszustand sowie der Maßnahmenumfang zur energetischen Optimierung zu konkretisieren.

B.1 Bestandsgebäude BT 1, 2, 3, 4

B.1.1 HK Nische Fassade (B-V1)



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{KW}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Oberfläche gem. Objektplanung	1,00	1400	14,0	–	–
02 MW aus Porenbeton-Plansteinen 45	36,50	450	164,3	0,070	5,214
03 Luftschicht gem. Bestand	28,00	–	–	–	–
04 Vorsatzschale gem. Bestand	12,00	–	–	–	–
R_{se}					0,130
<hr/>					
	d = 77,50	G =	178,3	$R_T =$	5,47

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

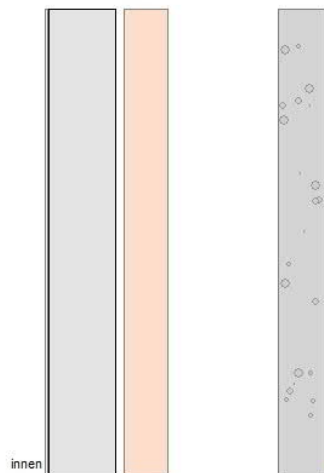
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 5,21 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.1.2 Fassade (B-V2)



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet"

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Oberfläche gem. Objektplanung	1,00	1400	14,0	–	–
02 MW aus Porenbeton-Plansteinen 45	17,50	450	78,8	0,070	2,500
03 Luftschicht belüftet	2,00	1	0,0	–	–
04 Tragkonstruktion gem. Bestand	11,50	1800	207,0	0,960	0,120
05 Luftschicht gemäß Bestand	28,00	–	–	–	–
06 Vorsatzschale gem. Bestand	12,00	–	–	–	–
R_{se}					0,130
<hr/>					
	d = 72,00	G = 299,8		$R_T = 2,88$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

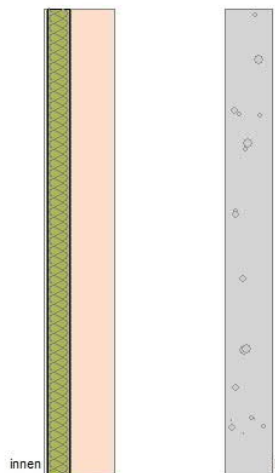
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 2,62 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.1.3 Bestandsfassade + Innendämmung (B-V3)



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet"

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Oberfläche gem. Objektplanung	1,00	1400	14,0	–	–
02 Innendämmung WLS 050	6,00	100	6,0	0,050	1,200
03 Tragkonstruktion gem. Bestand	11,50	1800	207,0	0,960	0,120
04 Luftschicht gemäß Bestand	28,00	–	–	–	–
05 Vorsatzschale gem. Bestand	12,00	–	–	–	–
R_{se}					0,130
<hr/>					
	d = 58,50	G =	227,0	$R_T =$	1,58

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,63 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

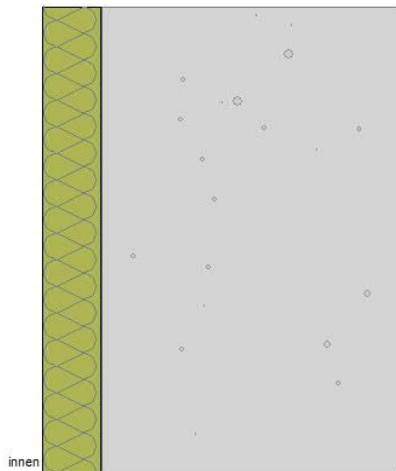
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 1,32 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.1.4 Fassade Sturz (B-V4)



Bauteiltyp "Außenwand"

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Innendämmung WLS 050	8,00	100	8,0	0,050	1,600
02 Tragkonstruktion gem. Bestand	40,00	2300	920,0	2,300	0,174
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 48,00	G =	928,0	$R_T =$	1,94

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,51 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

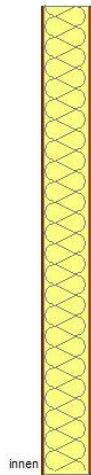
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 1,77 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.1.5 Außentür Metall (B-V5)



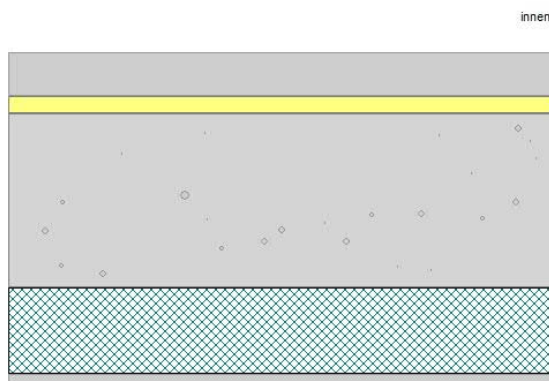
Bauteiltyp "Außentür"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{KW}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.1.6 Kellerdecke (B-H1)



Kellerdecke
 $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Kellerdecke"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{KW}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,17
01 FB-Aufbau gem. Objektplanung	5,00	-	-	-	-
02 Trittschalldä. gem. Bauakustikun	2,00	30	0,6	-	-
03 Decke gem. Angaben TWP	20,00	2300	460,0	2,300	0,09
04 Wärmedämmung WLS 035	10,00	360	36,0	0,035	2,86
05 Oberfläche gem. Objektplanung	1,00	-	-	-	-
R_{se}					0,17
<hr/>					
	d = 38,00	G = 496,6		$R_T = 3,28$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

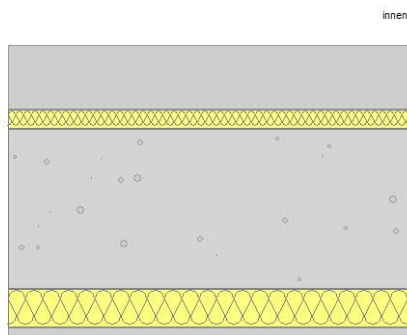
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 2,94 \geq 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.1.7 Decke Außenluft (B-H2)



Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

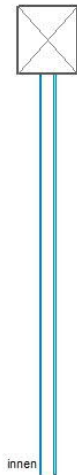
von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 FB-Aufbau gem. Objektplanung	10,00	–	–	–	–
02 Trittschhalldä. gem. Bauakustiku	3,00	20	0,6	–	–
03 Decke gem. Angaben TWP	25,00	2300	575,0	2,300	0,109
04 Wärmedämmung WLS 040	6,00	20	1,2	0,040	1,500
05 Oberfläche gem. Objektplanung	1,50	–	–	–	–
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	45,50	G =	576,8	$R_T =$	1,82

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,55 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.1.8 Fenster Treppenhaus (B-T1)



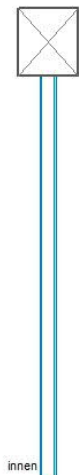
Bauteiltyp "Fenster"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{KW}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.1.9 Pfosten-Riegel-Fassade (B-T2)



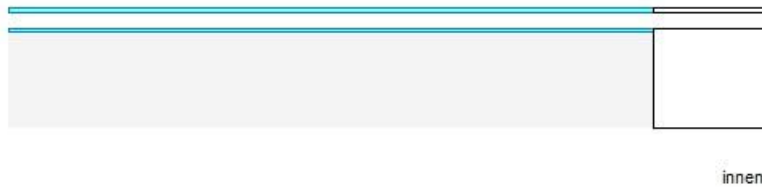
Bauteiltyp "Fenster"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.1.10 Lichtkuppel (B-T3)



Bauteiltyp "Fenster"

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

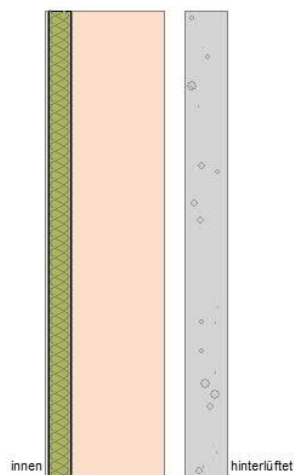
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.2 Bestandsgebäude BT 7

B.2.1 Außenwand BT 7 (B-V6)



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{KW}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,13
01 Oberfläche gem. Objektplanung	1,00	1400	14,0	–	–
02 Dämmung WLS 050	6,00	100	6,0	0,050	1,20
03 Tragkonstruktion gem. Bestand	24,00	1800	432,0	0,960	0,25
04 Luftschicht gemäß Bestand	5,00	–	–	–	–
05 Vorsatzschale gem. Bestand	11,00	–	–	–	–
R_{se}					0,13
<hr/>					
	d = 47,00	G = 452,0		$R_T = 1,71$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,58 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

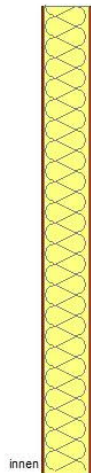
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 1,45 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.2.2 Außentür BT 7 (B-V6)



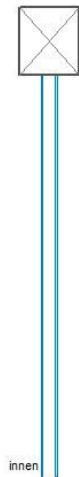
Bauteiltyp "Außentür"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{KW}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.2.3 Fenster BT 7 (B-T4)



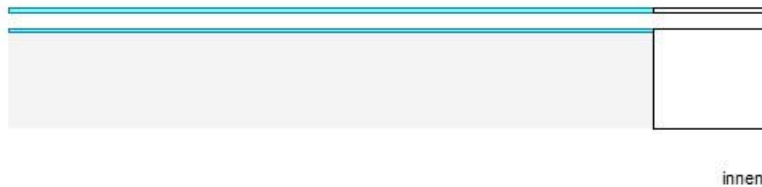
Bauteiltyp "Fenster"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

B.2.4 Lichtkuppel BT 7 (B-T5)



Bauteiltyp "Fenster"

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

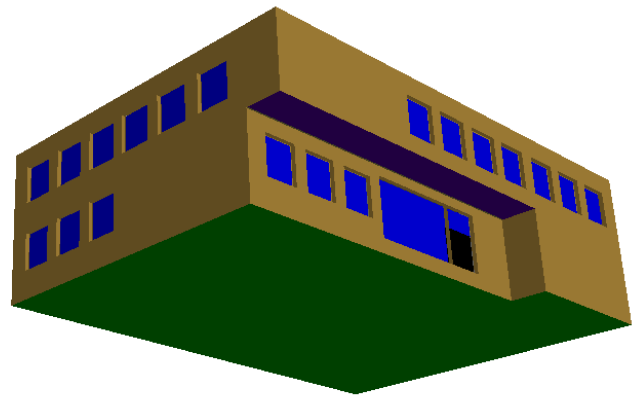
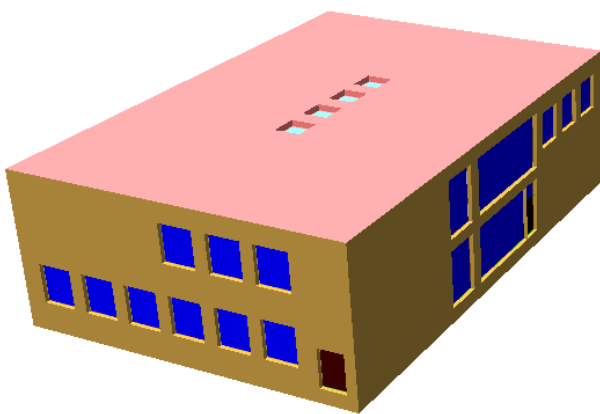
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$








Darstellung ist exemplarisch. Maßgebend ist der U-Wert der Konstruktion.

C Bauteilzuordnungspläne

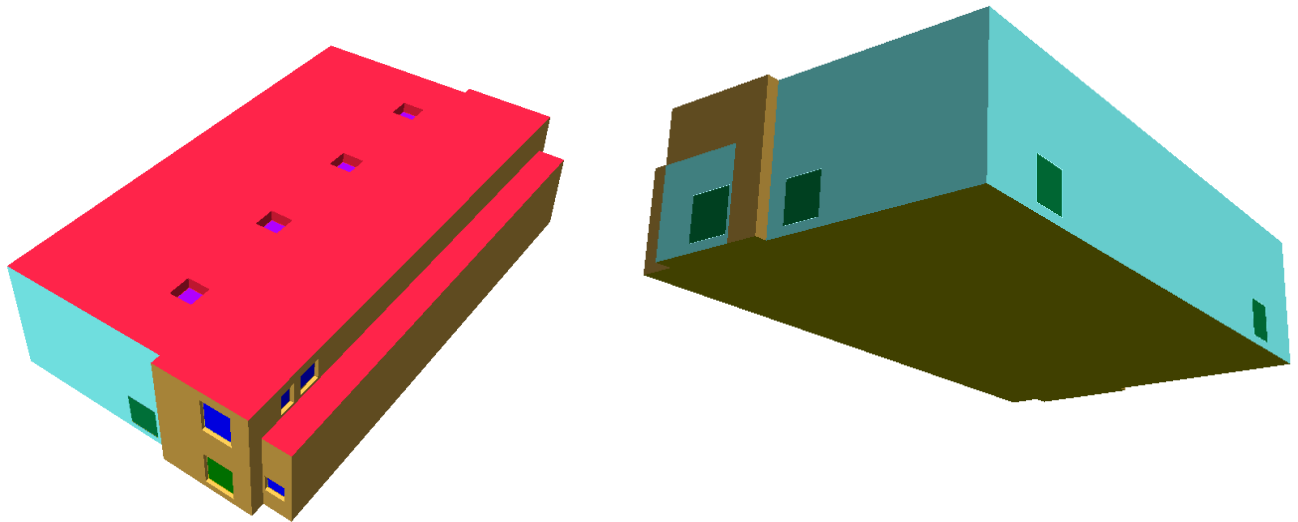
C.1 Neubau Schulhaus BT 6





Legende

	Außenwand		Geschosdecke gegen Außenluft
	Außentür transparent		Fenster
	Dach		Lichtkuppel
	Bodenplatte		

C.2 Erweiterungsneubau Mensa



Legende

	Außenwand		Fenster
	Dach		Fenstertüren
	Bodenplatte		Lichtkuppel
	Fassade		

D Konstruktive Hinweise

Die nachfolgenden Hinweise dienen zur Reduzierung der Wärmebrückenwirkung im Bereich des Neubaus und sind im weiteren Planungsverlauf zu berücksichtigen:

In die thermische Gebäudehülle einbindende, kalte Bauteile

- + Wände, Decken, Stützen, Balkone und auskragende Geschossdecken, welche die thermische Gebäudehülle durchdringen, sind mit einer Flankendämmung von 6cm WLS 040 zu versehen. Diese ist allseitig um das kalte Bauteil anzubringen und mindestens $\geq 1,00$ m weit in den kalten Bereich zu führen.
- + Auskragende Geschossdecken können alternativ thermisch entkoppelt werden.

Dämmung kalter Kelleraußenwände

(Empfehlung zur Vermeidung von Tauwasserbildung)

- + Weiterführung der Außenwanddämmung bis 2,00 m unter GOK
- + Dämmung der Tiefgaragendecke mit 10 cm WLS 045

Unterzüge

- + Unterzüge in kalten Räumen mit darüber liegenden beheizten Bereichen sind umlaufend mit min. 6 cm WLS 040 zu dämmen. Bei einer Höhe von $\geq 1,00$ m kann die unterseitige Dämmung entfallen.

Fenster

- + Sind Fenster hinter die Dämmebene zurückgesetzt, ist die Fassadendämmung ohne Unterbrechung mit einer Überdeckung von 3 cm auf die Fensterrahmen zu führen.
- + Die Fuge zwischen Fensterrahmen und Baukörper ist mit 1 cm Dämmung auszufüllen.

Attika

- + Die Fassadendämmung ist bis zur Oberkante der Attika weiterzuführen.
- + Dachseitig und an der Oberseite der Attika sind min. 6 cm WLS 040 Wärmedämmung anzubringen.
- + Ab einer Höhe von $\geq 1,00$ m ü. OK Rohdecke kann die Dämmung der Oberseite entfallen.

Verzug von TGA-Leitungen innerhalb des Gebäudes

- + Bauliche, außenluftführende Schächte und Kanäle, die innerhalb der thermischen Hülle verzo-gen werden, sind mit min. 10 cm WLS 040 zu dämmen.
- + Die Dämmung ist dabei möglichst auf der Kaltseite des Schachtes anzubringen.
- + Alternativ können die Schächte am Durchdringungspunkt der thermischen Hülle auch mit ge-dämmten und geschlossenen Abzugsöffnungen versehen werden.
- + Die Dämmung von nicht baulichen Schächten (z.B. Entwässerungsleitungen), die innerhalb des Gebäudes verzo-gen werden, sind zur Vermeidung von Kondensatbildung gemäß TGA-Planung nach dem Stand der Technik zu dämmen.

E Detaillierte Anlagentechnik

E.1 Zonierung

Für die energetische Bewertung wird das Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599 angewendet. Hierfür werden die Gebäude nach normativ vorgegebenen Kriterien (z.B. Nutzung, Konditionierung, u.a.) in Zonen unterteilt.

Gemäß den Zoneneinteilungskriterien der DIN V 18599 sind Räume verschiedenen Zonen zuzuordnen, wenn sie sich hinsichtlich

- + der Nutzung,
- + der Beheizung und Kühlung,
- + der Art der Luftaufbereitung (Luftwechsel, Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten, etc.),
- + der Beleuchtung,
- + der Tageslichtversorgung,
- + des Fensterflächenanteils, u.v.m.

unterscheiden.

Der Neubau des Schulhauses sowie der Erweiterungsneubau der Mensa ist in folgende Zonen und Nutzungsprofile der DIN V 18599 unterteilt. Die entsprechenden Zonierungspläne sind der Anlage F zu entnehmen.

Tabelle E.1: Zonierung

Zone	Name	Nutzungsprofil nach DIN V 18599-10:2018-09
Neubau Schulhaus BT 6		
1.1	Klassenzimmer	<8> Klassenzimmer
1.2	Sanitär	<16> WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
1.3	Verkehrsfläche	<19> Verkehrsflächen
1.4	Büro	<1> Einzelbüro
Erweiterungsneubau Mensa		
2.1	Mensa	<12> Kantine
2.2	Verkehrsflächen	<19> Verkehrsflächen
2.3	Küche	<14> Küche in Nichtwohngebäuden
2.4	Nebenräume	<18> Nebenflächen
2.5	Büro	<1> Einzelbüro
2.6	Technik	<20> Lager, Technik, Archiv
2.7	Sanitär	<16> WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden

E.2 Beleuchtung

Für die Beleuchtung des Gebäudes werden im Rahmen des GEG-Nachweises folgende Angaben nach DIN V 18599 Teil 4 berücksichtigt:

Tabelle E.2: Beleuchtung

Zone	Nutzung	Art der Beleuchtung	Steuerung
Neubau Schulhaus BT 6			
1.1	Klassenzimmer	direkt	manuell
1.2	Sanitär	direkt	Präsenzmelder
1.3	Verkehrsfläche	direkt	Präsenzmelder
1.4	Büro	direkt	manuell
Erweiterungsneubau Mensa			
2.1	Mensa	direkt	manuell
2.2	Verkehrsflächen	direkt	Präsenzmelder
2.3	Küche	direkt	manuell
2.4	Nebenräume	direkt	manuell
2.5	Büro	direkt	manuell
2.6	Technik	direkt	manuell
2.7	Sanitär	direkt	Präsenzmelder

Es werden LED-Leuchtmittel mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG) eingesetzt.

Die zugehörige Beleuchtungsstärke wird gemäß Zonennutzungsprofil nach DIN V 18599 anhand Normrandbedingung gewählt.

E.3 RLT-Systeme

Für die RLT-Systeme der Gebäudezonen werden im Rahmen des GEG-Nachweises folgende Angaben nach DIN V 18599 Teil 3 berücksichtigt:

Hinweise: Nach GEG 2014 § 57 Abschnitt 1 sind Zu- und Abluftanlagen mit einer bedarfsabhängigen Luftvolumenstromregelung gemäß DIN V 18599-7: 2018 Abschnitt 5.8.1 auszulegen, wenn der Zuluftvolumenstrom je Quadratmeter versorgter Netto-grundfläche $9,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ überschreitet.

Tabelle E.3: RLT-Systeme

Zone	Nutzung	Beschreibung / Parameter
Neubau Schulhaus BT 6		
1.1	Klassenzimmer	-
1.2	Sanitär	Abluftanlage; Steuerung: nutzungsabhängig, balanciert, bedarfsabhängige Außenluftvolumenstromregelung (raumweise Steuerung), keine Feuchteanforderung, SFP-Klasse Abluft: 3 (0,35 W/(m ³ /h))
1.3	Verkehrsfläche	-
1.4	Büro	-
Erweiterungsneubau Mensa		
2.1	Mensa	Zu- und Abluftanlage mit WRG $\geq 75\%$ mit Heizfunktion; Steuerung: nutzungsabhängig, balanciert; bedarfsabhängige Außenluftvolumenstromregelung (raumweise Steuerung); Keine Feuchteanforderung; SFP-Klasse Zuluft: 3 (0,43 W/(m ³ /h)); SFP-Klasse Abluft: 3 (0,43 W/(m ³ /h))
2.2	Verkehrsflächen	-
2.3	Küche	siehe Zone <2.1>
2.4	Nebenräume	siehe Zone <2.1>
2.5	Büro	-
2.6	Technik	-
2.7	Sanitär	Abluftanlage; Steuerung: nutzungsabhängig, balanciert, bedarfsabhängige Außenluftvolumenstromregelung (raumweise Steuerung), keine Feuchteanforderung, SFP-Klasse Abluft: 3 (0,35 W/(m ³ /h))

E.4 Klimakältesysteme

Zum derzeitigen Stand der Planung sind keine Klimakältesysteme für die Neubauten vorgesehen.

E.5 Warmwasser

Für die Warmwassersysteme der Gebäudezonen werden im Rahmen des GEG-Nachweises folgende Angaben nach DIN V 18599 Teil 8 berücksichtigt:

Tabelle E.5: Warmwassersysteme

Zone	Nutzung	Beschreibung / Parameter
Neubau Schulhaus BT 6		
1.1	Klassenzimmer	-
1.2	Sanitär	- *
1.3	Verkehrsfläche	-
1.4	Büro	-
Erweiterungsneubau Mensa		
2.1	Mensa	-
2.2	Verkehrsflächen	-
2.3	Küche	- *
2.4	Nebenräume	-
2.5	Büro	-
2.6	Technik	-
2.7	Sanitär	- *

* Gemäß DIN V 18599-10 darf der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser vernachlässigt werden, wenn dieser weniger als 0,2 kWh je Person und Tag (entspricht etwa 5 l je Person und Tag bei einer Wassertemperatur von 45 °C) beträgt. Dies ist z.B. der Fall bei Schulen mit einzelnen Trinkwasser-Zapfstellen (Handwaschbecken, Teeküche, Getränkeausgabe, Putzraum). Gemäß Angaben der Küchenplanung sind auch in der geplanten Küche der Mensa keine erhöhten Trinkwarmwasserbedarfe zu erwarten, sodass der Trinkwarmwasserbedarf voraussichtlich einen Wert von 5 l je Person und Tag nicht überschreiten wird.

E.6 Heizsysteme

Für die Heizsysteme der Gebäudezonen werden im Rahmen des GEG-Nachweises folgende Angaben nach DIN V 18599 Teil 5 berücksichtigt:

Tabelle E.6: Heizsysteme

Zone	Nutzung	Beschreibung / Parameter
Neubau Schulhaus BT 6		
1.1	Klassenzimmer	100% über Heizkörper: P-Regelung, Vor-/Rücklauftemperatur 55°C/45°C, intermittierender Heizbetrieb, HK vor Außenwand
1.2	Sanitär	-
1.3	Verkehrsfläche	siehe Zone <1.1>
1.4	Büro	siehe Zone <1.1>
Erweiterungsneubau Mensa		
2.1	Mensa	siehe Zone <1.1>
2.2	Verkehrsflächen	siehe Zone <1.1>
2.3	Küche	siehe Zone <1.1>
2.4	Nebenräume	siehe Zone <1.1>
2.5	Büro	siehe Zone <1.1>
2.6	Technik	-
2.7	Sanitär	siehe Zone <1.1>

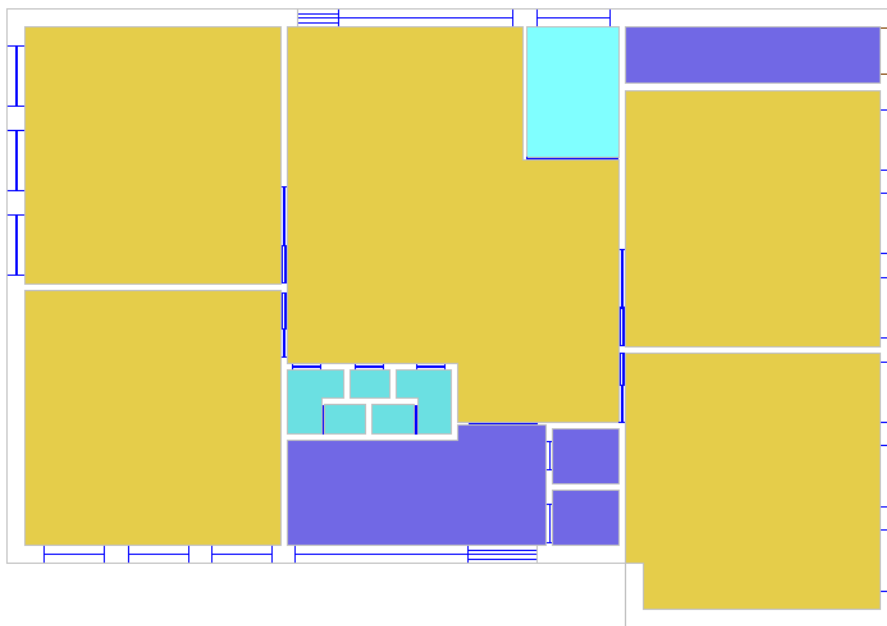
Wärmeerzeuger:

Neubau Schulhaus BT 6: Luft-Wasser-Wärmepumpe, COP = 4,8 A7/W35, Leistung ca. 40 W

Erweiterungsneubau Mensa: Luft-Wasser-Wärmepumpe, COP = 4,8 A7/W35, Leistung ca. 100 W

F Zonierungspläne

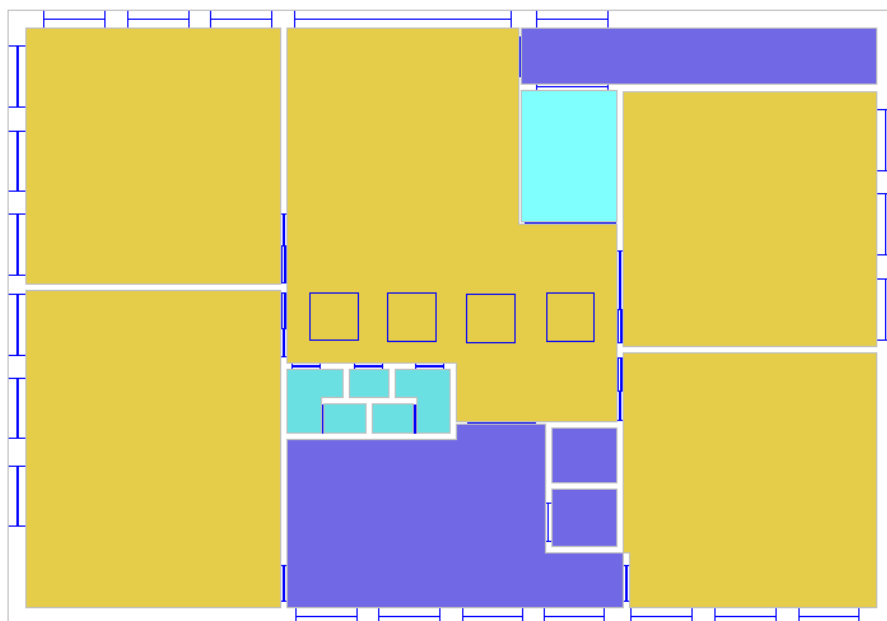
F.1 Neubau Schulhaus, BT 6



Erdgeschoss

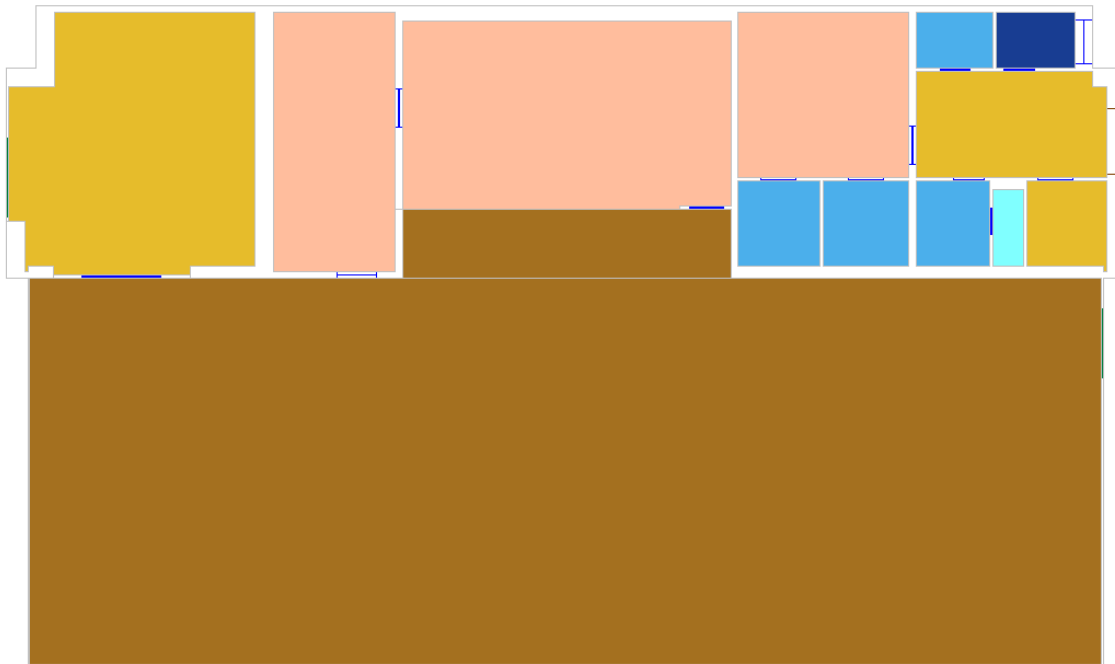
Legende

-  Klassenzimmer
-  Sanitaer
-  Verkehrsfläche
-  Büro










Obergeschoss

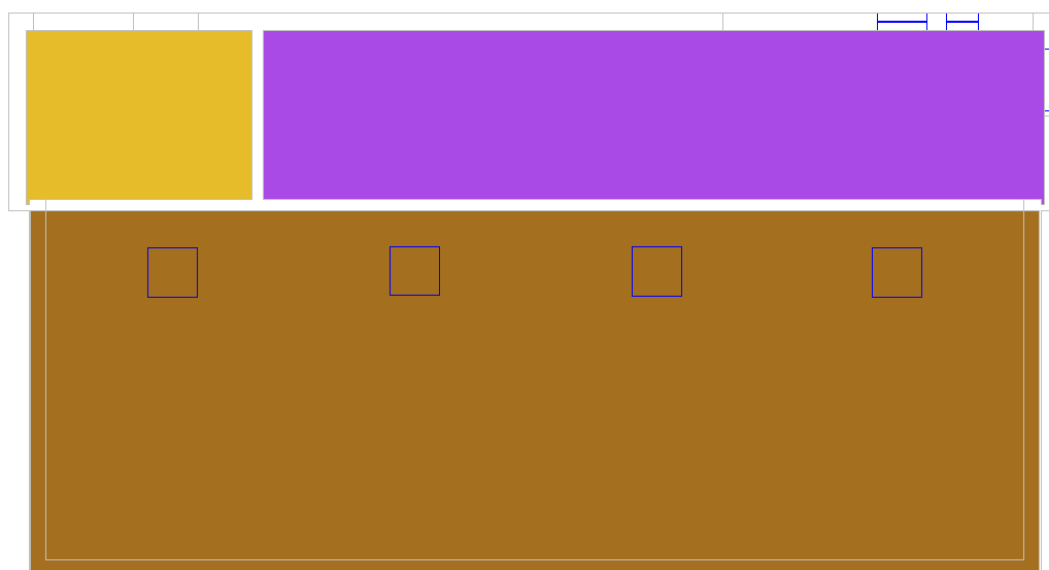
F.2 Erweiterungsneubau Mensa



Erdgeschoss

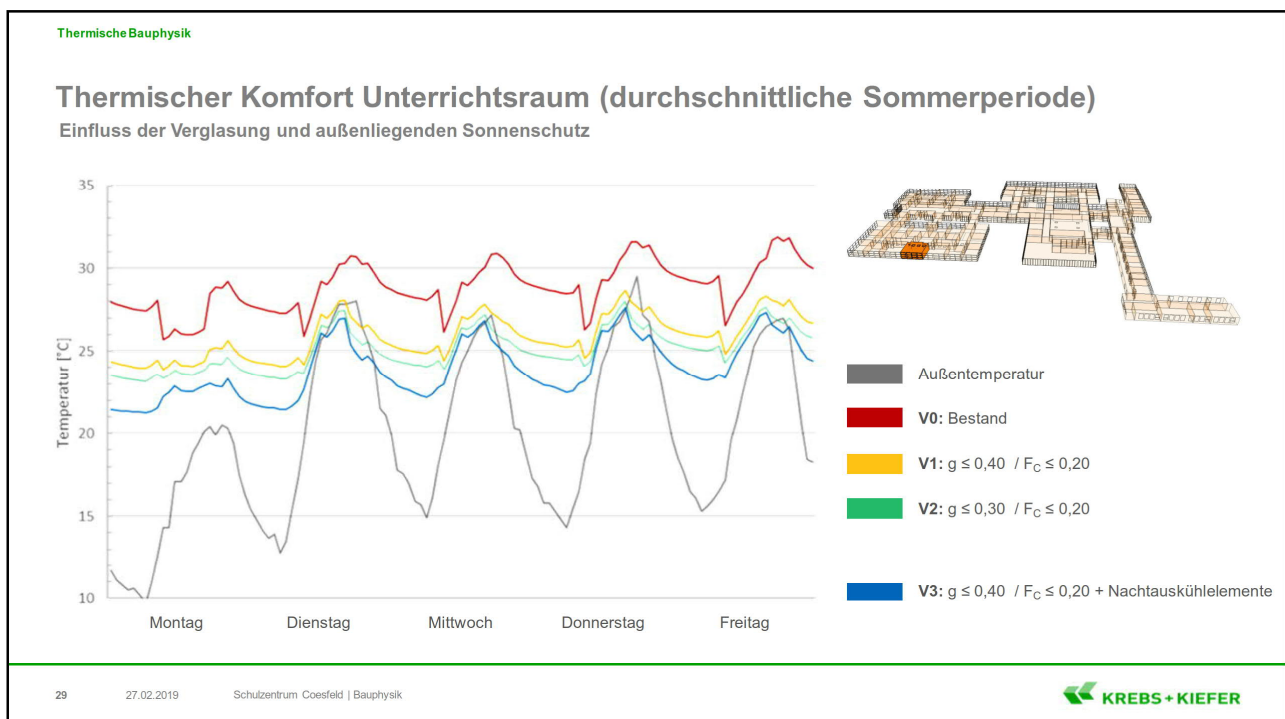
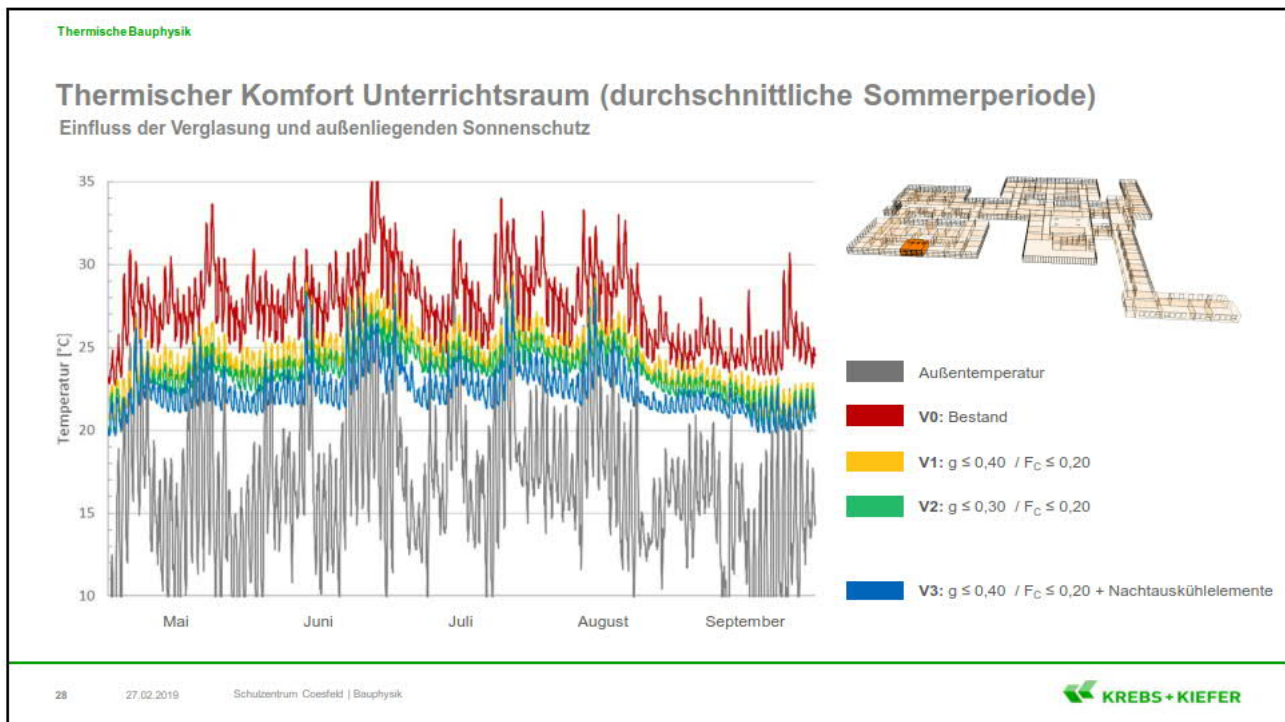
Legende

-  Mensa
-  Mensa-Verkehrsfläche
-  Mensa-Nebenflaeche
-  Mensa-Buero
-  Mensa-Technik
-  Mensa-Sanitaer
-  Mensa-Kueche



Obergeschoss

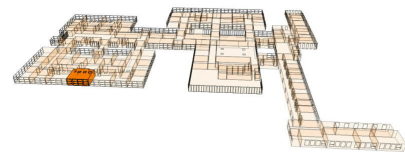
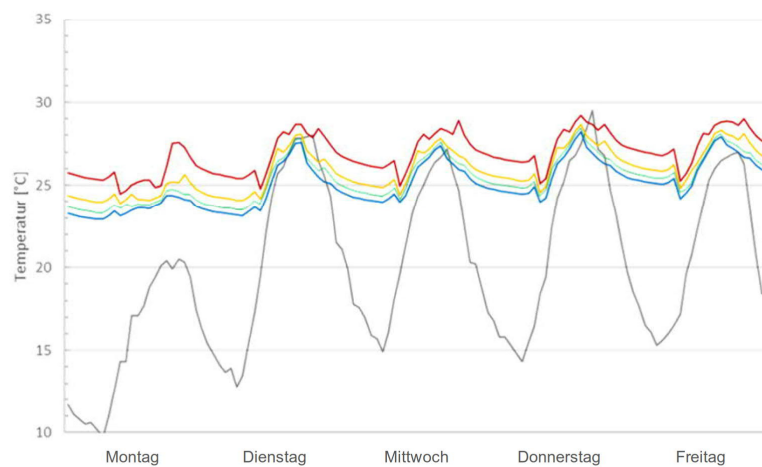
G Thermischer Komfort im Bestand



Thermische Bauphysik

Thermischer Komfort Unterrichtsraum (durchschnittliche Sommerperiode)

Einfluss der Steuerungsweise des außenliegenden Sonnenschutzes (Beispiel V1)



- Außentemperatur
- V1: $g \leq 0,40$ / $F_c \leq 0,20$
- manuelle Steuerung
- automatisch ab 200 W/m^2
- automatisch ab 150 W/m^2
- automatisch ab 100 W/m^2

30

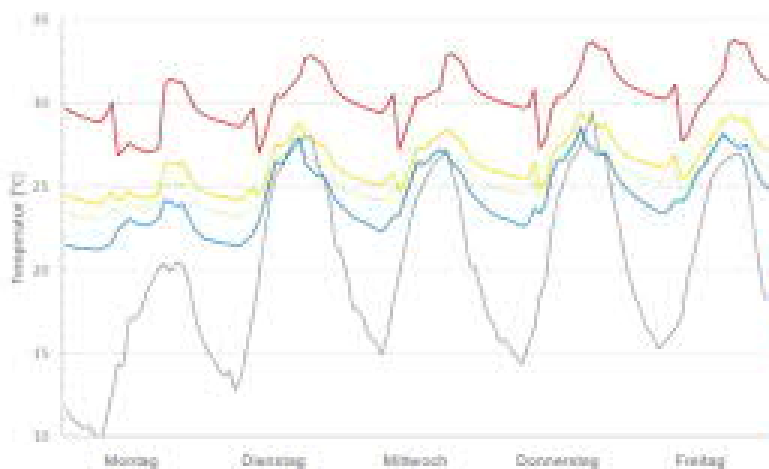
27.02.2019

Schulzentrum Coesfeld | Bauphysik

KREBS + KIEFER

Thermische Bauphysik

Thermischer Komfort Informatik (durchschnittliche Sommerperiode)



- Außentemperatur
- V8: Gesamt
- V1: $g \leq 0,40$ / $F_c \leq 0,20$
- V2: $g \leq 0,30$ / $F_c \leq 0,20$
- V3: $g \leq 0,40$ / $F_c \leq 0,20$ + Nachtausschleuselemente

31

27.02.2019

Schulzentrum Coesfeld | Bauphysik

KREBS + KIEFER

H Vorläufiger Energieausweis

Die Ergebnisse der Berechnung, wie die spezifischen Werte des Transmissionswärmetransferkoeffizienten, des Endenergiebedarfs, des Jahres-Primärenergiebedarfs etc. sind im Energieausweis zusammengestellt.

Der vorläufige Energieausweis dokumentiert die energetischen Eckdaten für den Planstand des Gebäudes zur Genehmigungsplanung.

Abweichungen von den Planungsunterlagen bei der Bauausführung sind dem Aufsteller unverzüglich schriftlich mitzuteilen. Die Einhaltung der Anforderungen nach GEG ist dann ggf. neu nachzuweisen.

H.1 Neubau Schulhaus BT 6

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Registriernummer ² ohne Nummer

Gültig bis: 15.04.2031

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

1

Gebäude

Hauptnutzung / Gebäudekategorie	Schule	Gebäudedefoto (freiwillig)
Adresse	Holtwicker Str., 48653 Coesfeld	
Gebäudeteil	Schulhaus BT 6	
Baujahr Gebäude ³	2021	
Baujahr Wärmeerzeuger ^{3, 4}	2021	
Nettogrundfläche ⁵	883 m ²	
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser ³	Strom	
Erneuerbare Energien	Art: Umweltwärme	Verwendung: Heizung
Art der Lüftung/Kühlung ³	<input checked="" type="checkbox"/> Fensterlüftung <input type="checkbox"/> Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung <input type="checkbox"/> Anlage zur Kühlung <input type="checkbox"/> Schachtlüftung <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung	
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input checked="" type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung/Erweiterung) <input type="checkbox"/> Aushangpflicht <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf <input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig)	

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter Annahme von standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. **Als Bezugsfläche dient die Nettogrundfläche.** Teil des Energieausweises sind die Modernisierungsempfehlungen (Seite 4).

- ☒ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt (Energiebedarfsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen nach § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erläuterungen - siehe Seite 5**).
- ☐ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt (Energieverbrauchsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch ☐ Eigentümer ☒ Aussteller

☐ Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigelegt (freiwillige Angabe).

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Gebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen übersichtlichen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller

Dipl.-Ing. (FH) René Horschig
Sachverständiger für Energieeffizienz
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH
Altmarkt 10a 01067 Dresden

16.04.2021

Ausstellungsdatum

Unterschrift des Ausstellers

¹ Datum der angewendeten EnEV, gegebenenfalls angewendeten Änderungsverordnung zur EnEV
² Bei nicht rechtzeitiger Zuteilung der Registriernummer (§ 17 Absatz 4 Satz 4 und 5 EnEV) ist das Datum der Antragstellung einzutragen; die Registriernummer ist nach deren Eingang nachträglich einzusetzen.
³ Mehrfachangaben möglich
⁴ bei Wärmenetzen Baujahr der Übergabestation
⁵ Nettogrundfläche ist im Sinne der EnEV ausschließlich der beheizte/gekühlte Teil der Nettogrundfläche

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

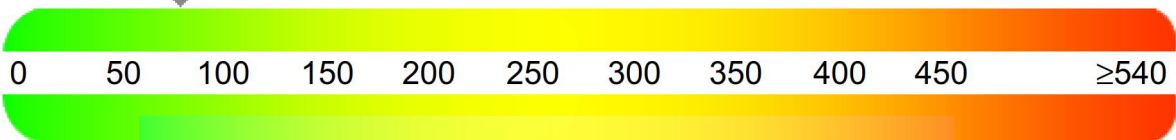
2

Primärenergiebedarf

CO₂-Emissionen ³ 0 kg/(m²·a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes

80 kWh/(m²·a)



EnEV-Anforderungswert
Neubau (Vergleichswert)

EnEV-Anforderungswert
modernisierter Altbau (Vergleichswert)

Anforderungen gemäß EnEV ⁴

Primärenergiebedarf

Ist-Wert 80 kWh/(m²·a)

Anforderungswert

95 kWh/(m²·a)

Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten

☒ eingehalten

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)

☒ eingehalten

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

- ☒ Verfahren nach Anlage 2 Nummer 2 EnEV
- ☐ Verfahren nach Anlage 2 Nummer 3 EnEV ("Ein-Zonen-Modell")
- ☐ Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV
- ☐ Vereinfachungen nach Anlage 2 Nummer 2.1.4 EnEV

Endenergiebedarf

Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für

Energieträger	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung ⁵	Kühlung einschl. Befeuchtung	Gebäude insgesamt
allgemeiner Strommix	42	0	2,1	0,4	0	44,5

Endenergiebedarf Wärme [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

0 kWh/(m²·a)

Endenergiebedarf Strom [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

45 kWh/(m²·a)

Angaben zum EEWärmeG ⁶

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)

Art:	Umweltenergie [Hzg-WP]	Deckungsanteil:	98 %
			%
			%

Ersatzmaßnahmen ⁷

Die Anforderungen des EEWärmeG werden durch die Ersatzmaßnahme nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG erfüllt.

- ☐ Die nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfte Anforderungswerte
Primärenergiebedarf: kWh/(m²·a)

- ☐ Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um % verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfte Anforderungswerte
Primärenergiebedarf: kWh/(m²·a)

Gebäudezonen

Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]
1	Klassenzimmer	726	82,13
2	Sanitär	18	2,04
3	Verkehrsfläche	116	13,12
4	Büro	24	2,71
5			
6			
7			
<input type="checkbox"/>	weitere Zonen in Anlage		

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs in vielen Fällen neben dem Berechnungsverfahren alternative Vereinfachungen zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter beheizte/gekühlte Nettogrundfläche.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises
Angabe

⁶ nur bei Neubau

⁴ nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV

⁷ nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

³ freiwillige

⁵ nur Hilfsenergiebedarf

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

3

Endenergieverbrauch

☐ Warmwasser enthalten

Der Wert enthält den Stromverbrauch für

☐ Zusatzheizung ☐ Warmwasser ☐ Lüftung ☐ eingebaute Beleuchtung ☐ Kühlung ☐ Sonstiges

Verbrauchserfassung

Zeitraum		Energieträger ⁴	Primär- energie- faktor	Energieverbrauch Wärme [kWh]	Anteil Warmwasser [kWh]	Anteil Heizung [kWh]	Klima- faktor	Energieverbrauch Strom [kWh]
von	bis							

Primärenergieverbrauch dieses Gebäudes

kWh/(m²·a)

Gebäudenutzung

Gebäudekategorie/ Nutzung	Flächen- anteil	Vergleichswerte ³	
		Heizung und Warmwasser	Strom

Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter beheizte/gekühlte Nettogrundfläche. Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens von den angegebenen Kennwerten ab.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises unter www.bbsr-energieeinsparung.de durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises
⁴ gegebenenfalls auch Leerstandszuschläge in kWh

³ veröffentlicht

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Empfehlungen des Ausstellers

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

4

Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung

Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der Energieeffizienz sind ☐ möglich ☒ nicht möglich

Empfohlene Modernisierungsmaßnahmen

Nr.	Bau- oder Anlagenteile	Maßnahmenbeschreibung in einzelnen Schritten	empfohlen		(freiwillige Angaben)	
			in Zusammenhang mit größerer Modernisierung	als Einzelmaßnahme	geschätzte Amortisationszeit	geschätzte Kosten pro eingesparte Kilowattstunde Endenergie

☐ weitere Empfehlungen auf gesondertem Blatt

Hinweis: Modernisierungsempfehlungen für das Gebäude dienen lediglich der Information. Sie sind nur kurz gefasste Hinweise und kein Ersatz für eine Energieberatung.

Genauere Angaben zu den Empfehlungen sind erhältlich bei/unter:

http://www.bbsr.bund.de/EnEVPortal/DE/Home/home_node.html

Ergänzende Erläuterungen zu den Angaben im Energieausweis (Angaben freiwillig)

keine

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Erläuterungen

5

Angabe Gebäudeteil - Seite 1

Bei Nichtwohngebäuden, die zu einem nicht unerheblichen Anteil zu Wohnzwecken genutzt werden, ist die Ausstellung des Energieausweises gemäß dem Muster nach Anlage 7 auf den Gebäudeteil zu beschränken, der getrennt als Nichtwohngebäude zu behandeln ist (siehe im Einzelnen § 22 EnEV). Dies wird im Energieausweis durch die Angabe "Gebäudeteil" deutlich gemacht.

Erneuerbare Energien - Seite 1

Hier wird darüber informiert, wofür und in welcher Art erneuerbare Energien genutzt werden. Bei Neubauten enthält Seite 2 (Angaben zum EEWärmeG) dazu weitere Angaben.

Energiebedarf - Seite 2

Der Energiebedarf wird hier durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z.B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und von der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen der standardisierten Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

Primärenergiebedarf - Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Energieeffizienz des Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte "Vorkette" (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz sowie eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung. Die angegebenen Vergleichswerte geben für das Gebäude die Anforderungen der EnEV an, die zum Zeitpunkt der Ausstellung des Energieausweises galt. Sie sind im Fall eines Neubaus oder einer Modernisierung des Gebäudes, die nach den Vorgaben des § 9 Absatz 1 Satz 2 EnEV durchgeführt wird, einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie zur Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO₂-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

Der Endwert der Skala zum Primärenergiebedarf beträgt, auf die Zehnerstelle gerundet, das Dreifache des Vergleichswerts "EnEV Anforderungswert modernisierter Altbau" (140 % des "EnEV Anforderungswerts Neubau").

Wärmeschutz - Seite 2

Die EnEV stellt bei Neubauten und bestimmten baulichen Änderungen auch Anforderungen an die energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) sowie bei Neubauten an den sommerlichen Wärmeschutz (Schutz vor Überhitzung) eines Gebäudes.

Pflichtangaben für Immobilienanzeigen - Seite 2 und 3

Nach der EnEV besteht die Pflicht, in Immobilienanzeigen die in § 16a Absatz 1 genannten Angaben zu machen. Die dafür erforderlichen Angaben sind dem Energieausweis zu entnehmen, je nach Ausweisart der Seite 2 oder 3.

Endenergiebedarf - Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Indikator für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude unter Annahme von standardisierten Bedingungen und unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

Angaben zum EEWärmeG - Seite 2

Nach dem EEWärmeG müssen Neubauten in bestimmtem Umfang erneuerbare Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs nutzen. In dem Feld "Angaben zum EEWärmeG" sind die Art der eingesetzten erneuerbaren Energien und der prozentuale Anteil der Pflichterfüllung abzulesen. Das Feld "Ersatzmaßnahmen" wird ausgefüllt, wenn die Anforderungen des EEWärmeG teilweise oder vollständig durch Maßnahmen zur Einsparung von Energie erfüllt werden. Die Angaben dienen gegenüber der zuständigen Behörde als Nachweis des Umfangs der Pflichterfüllung durch die Ersatzmaßnahme und der Einhaltung der für das Gebäude geltenden verschärften Anforderungswerte der EnEV.

Endenergieverbrauch - Seite 3

Die Angaben zum Endenergieverbrauch von Wärme und Strom werden für das Gebäude auf der Basis der Abrechnungen von Heizkosten bzw. der Abrechnungen von Energielieferanten ermittelt. Dabei werden die Energieverbrauchsdaten des gesamten Gebäudes und nicht der einzelnen Nuteinheiten zugrunde gelegt. Die so ermittelten Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche nach der EnEV. Der erfasste Energieverbrauch für die Heizung wird anhand der konkreten örtlichen Wetterdaten und mithilfe von Klimafaktoren auf einen deutschlandweiten Mittelwert umgerechnet. Die Angaben zum Endenergieverbrauch geben Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich. Der tatsächliche Verbrauch einer Nutzungseinheit oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens oder sich ändernder Nutzungen vom angegebenen Endenergieverbrauch ab.

Im Fall längerer Leerstände wird hierfür ein pauschaler Zuschlag rechnerisch bestimmt und in die Verbrauchserfassung einbezogen. Ob und inwieweit derartige Pauschalen in die Erfassung eingegangen sind, ist der Tabelle "Verbrauchserfassung" zu entnehmen.

Die Vergleichswerte ergeben sich durch die Beurteilung gleichartiger Gebäude. Kleinere Verbrauchswerte als der Vergleichswert signalisieren eine gute energetische Qualität im Vergleich zum Gebäudebestand dieses Gebäudetyps. Die Endwerte der beiden Skalen zum Endenergieverbrauch betragen, auf die Zehnerstelle gerundet, das Doppelte des jeweiligen Vergleichswerts.

Primärenergieverbrauch - Seite 3

Der Primärenergieverbrauch geht aus dem für das Gebäude insgesamt ermittelten Endenergieverbrauch für Wärme und Strom hervor. Wie der Primärenergiebedarf wird er mithilfe von Umrechnungsfaktoren ermittelt, die die Vorkette der jeweils eingesetzten Energieträger berücksichtigen.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Gültig bis: 15.04.2031

Registriernummer ² ohne Nummer

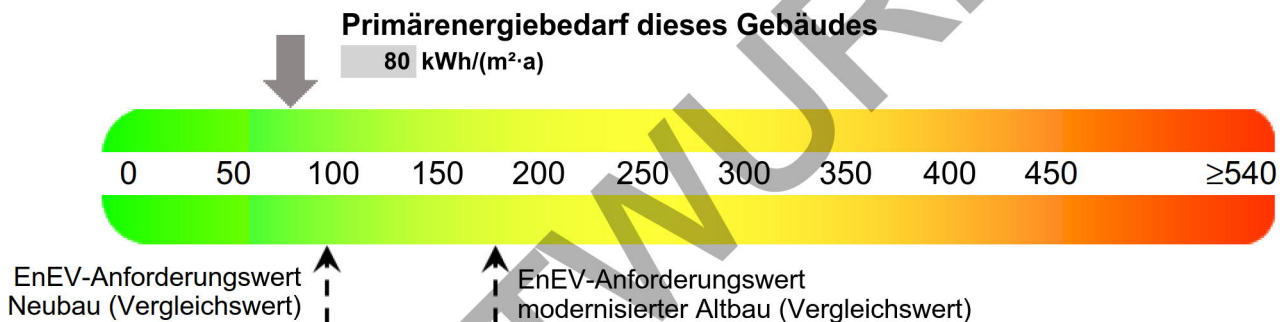
(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

Aushang

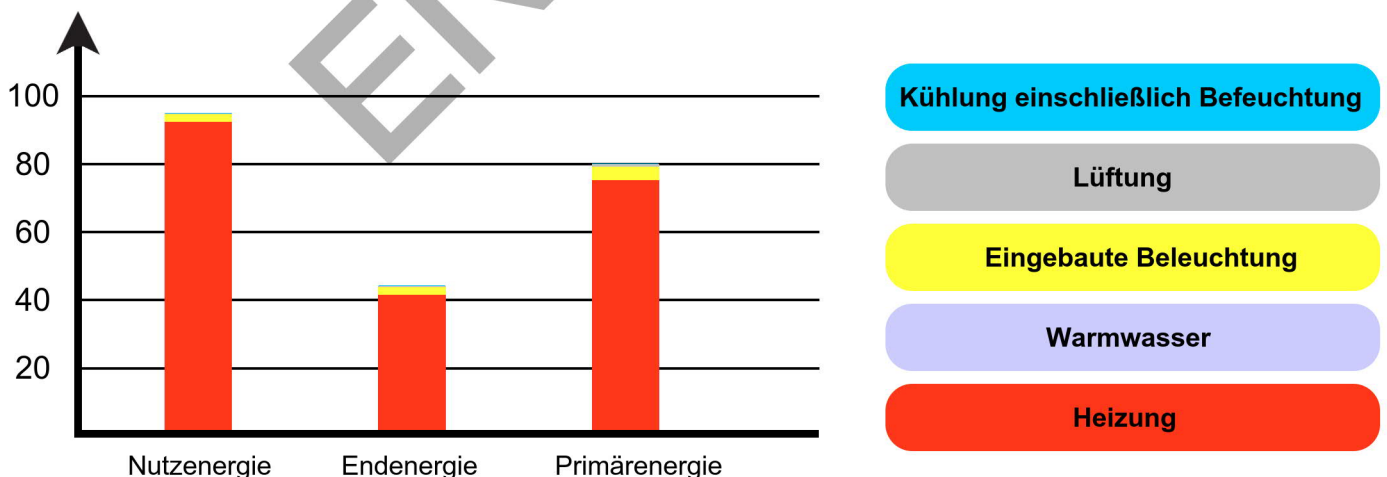
Gebäude

Hauptnutzung/ Gebäudekategorie	Schule	Gebäudefoto (freiwillig)
Adresse	Holtwicker Str., 48653 Coesfeld	
Gebäudeteil	Schulhaus BT 6	
Baujahr Gebäude	2021	
Nettogrundfläche	883 m ²	
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser	Strom	
Erneuerbare Energien	Art: Umweltwärme	Verwendung: Heizung

Primärenergiebedarf



Aufteilung Energiebedarf



Aussteller

Dipl.-Ing. (FH) René Horschig
Sachverständiger für Energieeffizienz
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH
Altmarkt 10a 01067 Dresden

16.04.2021

Ausstellungsdatum

Unterschrift des Ausstellers

¹ Datum der angewendeten EnEV, gegebenenfalls angewendeten Änderungsverordnung zur EnEV
Registriernummer (§ 17 Absatz 4 Satz 4 und 5 EnEV) ist das Datum der Antragstellung einzutragen; die Registriernummer ist nach deren Eingang
nachträglich einzusetzen.

² Bei nicht rechtzeitiger Zuteilung der

H.2 Erweiterungsbau Mensa

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Registriernummer ² ohne Nummer

Gültig bis: 15.04.2031

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

1

Gebäude

Hauptnutzung / Gebäudekategorie	Mensa	Gebäudedefoto (freiwillig)
Adresse	Holtwicker Str. 6-10, 48653 Coesfeld	
Gebäudeteil	Mensa	
Baujahr Gebäude ³	2021	
Baujahr Wärmeerzeuger ^{3, 4}	2021	
Nettogrundfläche ⁵	687 m ²	
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser ³	Strom	
Erneuerbare Energien	Art: Umweltenergie	Verwendung: Heizung, Warmwasser
Art der Lüftung/Kühlung ³	<input checked="" type="checkbox"/> Fensterlüftung <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung <input type="checkbox"/> Anlage zur Kühlung <input type="checkbox"/> Schachtlüftung <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung	
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input checked="" type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung/Erweiterung) <input type="checkbox"/> Aushangpflicht <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf <input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig)	

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter Annahme von standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. **Als Bezugsfläche dient die Nettogrundfläche.** Teil des Energieausweises sind die Modernisierungsempfehlungen (Seite 4).

- ☒ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt (Energiebedarfsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen nach § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erläuterungen - siehe Seite 5**).
- ☐ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt (Energieverbrauchsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch ☐ Eigentümer ☒ Aussteller

☐ Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigelegt (freiwillige Angabe).

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Gebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen übersichtlichen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller

Dipl.-Ing. (FH) René Horschig
Sachverständiger für Energieeffizienz
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH
Altmarkt 10a 01067 Dresden

16.04.2021

Ausstellungsdatum

Unterschrift des Ausstellers

¹ Datum der angewendeten EnEV, gegebenenfalls angewendeten Änderungsverordnung zur EnEV
² Bei nicht rechtzeitiger Zuteilung der Registriernummer (§ 17 Absatz 4 Satz 4 und 5 EnEV) ist das Datum der Antragstellung einzutragen; die Registriernummer ist nach deren Eingang nachträglich einzusetzen.
³ Mehrfachangaben möglich
⁴ bei Wärmenetzen Baujahr der Übergabestation
⁵ Nettogrundfläche ist im Sinne der EnEV ausschließlich der beheizte/gekühlte Teil der Nettogrundfläche

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

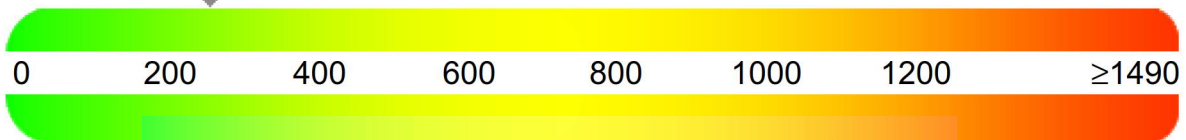
2

Primärenergiebedarf

CO₂-Emissionen ³ 0 kg/(m²·a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes

257 kWh/(m²·a)



EnEV-Anforderungswert
Neubau (Vergleichswert)

EnEV-Anforderungswert
modernisierter Altbau (Vergleichswert)

Anforderungen gemäß EnEV ⁴

Primärenergiebedarf

Ist-Wert 257 kWh/(m²·a)

Anforderungswert

265 kWh/(m²·a)

Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)

☒ eingehalten

☒ eingehalten

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

☒ Verfahren nach Anlage 2 Nummer 2 EnEV

☐ Verfahren nach Anlage 2 Nummer 3 EnEV ("Ein-Zonen-Modell")

☐ Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV

☐ Vereinfachungen nach Anlage 2 Nummer 2.1.4 EnEV

Endenergiebedarf

Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für

Energieträger	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung ⁵	Kühlung einschl. Befeuchtung	Gebäude insgesamt
allgemeiner Strommix	67	0	5,3	70,2	0	142,5

Endenergiebedarf Wärme [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

0 kWh/(m²·a)

Endenergiebedarf Strom [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

143 kWh/(m²·a)

Angaben zum EEWärmeG ⁶

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)

Art:	Umweltenergie [Hzg-WP]	Deckungsanteil:	98 %
			%
			%

Ersatzmaßnahmen ⁷

Die Anforderungen des EEWärmeG werden durch die Ersatzmaßnahme nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG erfüllt.

☐ Die nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfte Anforderungswert
Primärenergiebedarf: kWh/(m²·a)

☐ Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um % verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfte Anforderungswert
Primärenergiebedarf: kWh/(m²·a)

Gebäudezonen

Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]
1	Mensa	364	52,91
2	Verkehr	70	10,17
3	Kueche	102	14,83
4	Nebenflaeche	21	3,05
5	Buero	4	0,58
6	Technik	125	18,17
7	Sanitaer	2	0,29
<input type="checkbox"/>	weitere Zonen in Anlage		

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs in vielen Fällen neben dem Berechnungsverfahren alternative Vereinfachungen zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter beheizte/gekühlte Nettogrundfläche.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises
Angabe

⁶ nur bei Neubau

⁴ nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV

⁷ nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

³ freiwillige

⁵ nur Hilfsenergiebedarf

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

3

Endenergieverbrauch

☐ Warmwasser enthalten

Der Wert enthält den Stromverbrauch für

☐ Zusatzheizung ☐ Warmwasser ☐ Lüftung ☐ eingebaute Beleuchtung ☐ Kühlung ☐ Sonstiges

Verbrauchserfassung

Zeitraum		Energieträger ⁴	Primär- energie- faktor	Energieverbrauch Wärme [kWh]	Anteil Warmwasser [kWh]	Anteil Heizung [kWh]	Klima- faktor	Energieverbrauch Strom [kWh]
von	bis							

Primärenergieverbrauch dieses Gebäudes

kWh/(m²·a)

Gebäudenutzung

Gebäudekategorie/ Nutzung	Flächen- anteil	Vergleichswerte ³	
		Heizung und Warmwasser	Strom

Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter beheizte/gekühlte Nettogrundfläche. Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens von den angegebenen Kennwerten ab.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises unter www.bbsr-energieeinsparung.de durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises
⁴ gegebenenfalls auch Leerstandszuschläge in kWh

³ veröffentlicht

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Empfehlungen des Ausstellers

Registriernummer ² ohne Nummer

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

4

Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung

Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der Energieeffizienz sind ☐ möglich ☒ nicht möglich

Empfohlene Modernisierungsmaßnahmen

Nr.	Bau- oder Anlagenteile	Maßnahmenbeschreibung in einzelnen Schritten	empfohlen		(freiwillige Angaben)	
			in Zusammenhang mit größerer Modernisierung	als Einzelmaßnahme	geschätzte Amortisationszeit	geschätzte Kosten pro eingesparte Kilowattstunde Endenergie

☐ weitere Empfehlungen auf gesondertem Blatt

Hinweis: Modernisierungsempfehlungen für das Gebäude dienen lediglich der Information. Sie sind nur kurz gefasste Hinweise und kein Ersatz für eine Energieberatung.

Genauere Angaben zu den Empfehlungen sind erhältlich bei/unter:

http://www.bbsr.bund.de/EnEVPortal/DE/Home/home_node.html

Ergänzende Erläuterungen zu den Angaben im Energieausweis (Angaben freiwillig)

keine

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Erläuterungen

5

Angabe Gebäudeteil - Seite 1

Bei Nichtwohngebäuden, die zu einem nicht unerheblichen Anteil zu Wohnzwecken genutzt werden, ist die Ausstellung des Energieausweises gemäß dem Muster nach Anlage 7 auf den Gebäudeteil zu beschränken, der getrennt als Nichtwohngebäude zu behandeln ist (siehe im Einzelnen § 22 EnEV). Dies wird im Energieausweis durch die Angabe "Gebäudeteil" deutlich gemacht.

Erneuerbare Energien - Seite 1

Hier wird darüber informiert, wofür und in welcher Art erneuerbare Energien genutzt werden. Bei Neubauten enthält Seite 2 (Angaben zum EEWärmeG) dazu weitere Angaben.

Energiebedarf - Seite 2

Der Energiebedarf wird hier durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z.B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und von der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen der standardisierten Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

Primärenergiebedarf - Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Energieeffizienz des Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte "Vorkette" (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz sowie eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung. Die angegebenen Vergleichswerte geben für das Gebäude die Anforderungen der EnEV an, die zum Zeitpunkt der Ausstellung des Energieausweises galt. Sie sind im Fall eines Neubaus oder einer Modernisierung des Gebäudes, die nach den Vorgaben des § 9 Absatz 1 Satz 2 EnEV durchgeführt wird, einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie zur Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO₂-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

Der Endwert der Skala zum Primärenergiebedarf beträgt, auf die Zehnerstelle gerundet, das Dreifache des Vergleichswerts "EnEV Anforderungswert modernisierter Altbau" (140 % des "EnEV Anforderungswerts Neubau").

Wärmeschutz - Seite 2

Die EnEV stellt bei Neubauten und bestimmten baulichen Änderungen auch Anforderungen an die energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) sowie bei Neubauten an den sommerlichen Wärmeschutz (Schutz vor Überhitzung) eines Gebäudes.

Pflichtangaben für Immobilienanzeigen - Seite 2 und 3

Nach der EnEV besteht die Pflicht, in Immobilienanzeigen die in § 16a Absatz 1 genannten Angaben zu machen. Die dafür erforderlichen Angaben sind dem Energieausweis zu entnehmen, je nach Ausweisart der Seite 2 oder 3.

Endenergiebedarf - Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Indikator für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude unter Annahme von standardisierten Bedingungen und unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

Angaben zum EEWärmeG - Seite 2

Nach dem EEWärmeG müssen Neubauten in bestimmtem Umfang erneuerbare Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs nutzen. In dem Feld "Angaben zum EEWärmeG" sind die Art der eingesetzten erneuerbaren Energien und der prozentuale Anteil der Pflichterfüllung abzulesen. Das Feld "Ersatzmaßnahmen" wird ausgefüllt, wenn die Anforderungen des EEWärmeG teilweise oder vollständig durch Maßnahmen zur Einsparung von Energie erfüllt werden. Die Angaben dienen gegenüber der zuständigen Behörde als Nachweis des Umfangs der Pflichterfüllung durch die Ersatzmaßnahme und der Einhaltung der für das Gebäude geltenden verschärften Anforderungswerte der EnEV.

Endenergieverbrauch - Seite 3

Die Angaben zum Endenergieverbrauch von Wärme und Strom werden für das Gebäude auf der Basis der Abrechnungen von Heizkosten bzw. der Abrechnungen von Energielieferanten ermittelt. Dabei werden die Energieverbrauchsdaten des gesamten Gebäudes und nicht der einzelnen Nuteinheiten zugrunde gelegt. Die so ermittelten Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche nach der EnEV. Der erfasste Energieverbrauch für die Heizung wird anhand der konkreten örtlichen Wetterdaten und mithilfe von Klimafaktoren auf einen deutschlandweiten Mittelwert umgerechnet. Die Angaben zum Endenergieverbrauch geben Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich. Der tatsächliche Verbrauch einer Nutzungseinheit oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens oder sich ändernder Nutzungen vom angegebenen Endenergieverbrauch ab.

Im Fall längerer Leerstände wird hierfür ein pauschaler Zuschlag rechnerisch bestimmt und in die Verbrauchserfassung einbezogen. Ob und inwieweit derartige Pauschalen in die Erfassung eingegangen sind, ist der Tabelle "Verbrauchserfassung" zu entnehmen.

Die Vergleichswerte ergeben sich durch die Beurteilung gleichartiger Gebäude. Kleinere Verbrauchswerte als der Vergleichswert signalisieren eine gute energetische Qualität im Vergleich zum Gebäudebestand dieses Gebäudetyps. Die Endwerte der beiden Skalen zum Endenergieverbrauch betragen, auf die Zehnerstelle gerundet, das Doppelte des jeweiligen Vergleichswerts.

Primärenergieverbrauch - Seite 3

Der Primärenergieverbrauch geht aus dem für das Gebäude insgesamt ermittelten Endenergieverbrauch für Wärme und Strom hervor. Wie der Primärenergiebedarf wird er mithilfe von Umrechnungsfaktoren ermittelt, die die Vorkette der jeweils eingesetzten Energieträger berücksichtigen.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom ¹ 18.11.2013

Gültig bis: 15.04.2031

Registriernummer ² ohne Nummer

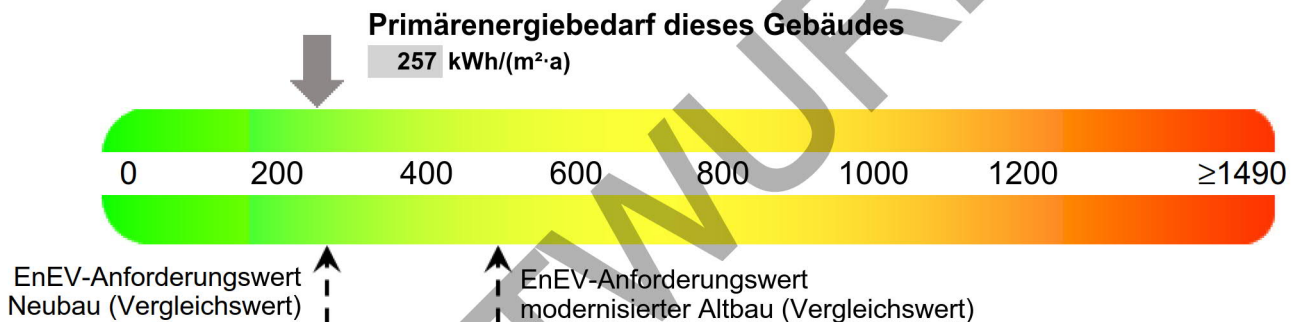
(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

Aushang

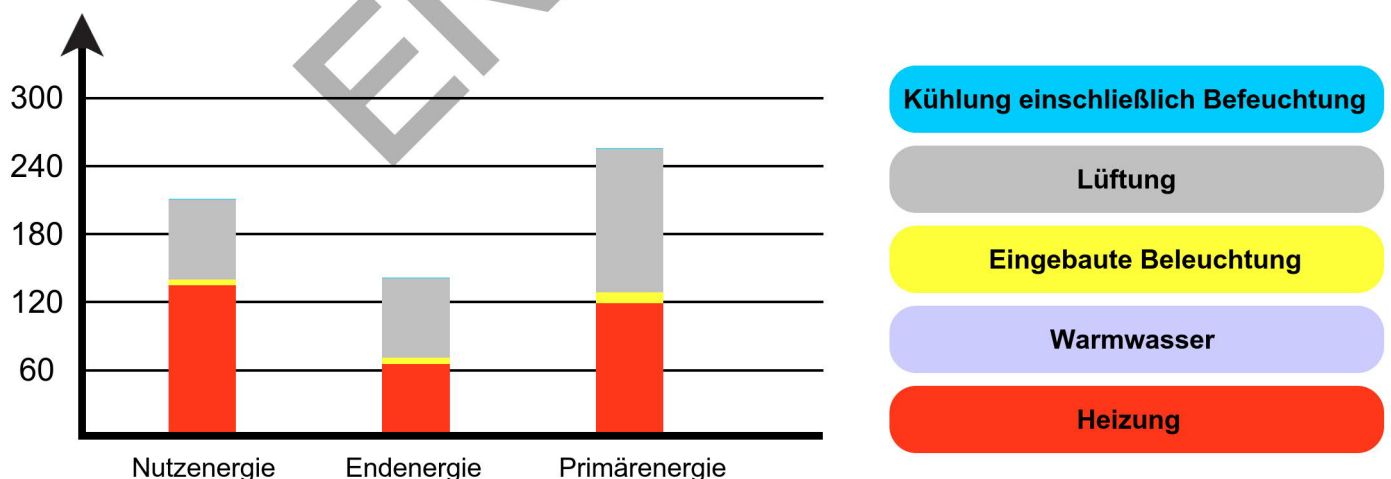
Gebäude

Hauptnutzung/ Gebäudekategorie	Mensa	Gebäudefoto (freiwillig)
Adresse	Holtwicker Str. 6-10, 48653 Coesfeld	
Gebäudeteil	Mensa	
Baujahr Gebäude	2021	
Nettogrundfläche	687 m ²	
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser	Strom	
Erneuerbare Energien	Art: Umweltenergie	Verwendung: Heizung, Warmwasser

Primärenergiebedarf



Aufteilung Energiebedarf



Aussteller

Dipl.-Ing. (FH) René Horschig
Sachverständiger für Energieeffizienz
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH
Altmarkt 10a 01067 Dresden

16.04.2021

Ausstellungsdatum

Unterschrift des Ausstellers

¹ Datum der angewendeten EnEV, gegebenenfalls angewendeten Änderungsverordnung zur EnEV
Registriernummer (§ 17 Absatz 4 Satz 4 und 5 EnEV) ist das Datum der Antragstellung einzutragen; die Registriernummer ist nach deren Eingang
nachträglich einzusetzen.

² Bei nicht rechtzeitiger Zuteilung der

I GEG-Berechnung Neubau Schulhaus

Energetische Bewertung von Gebäuden

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: SZ Coesfeld GEG

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

DIN V 18599:2018 - Energetische Bewertung von Gebäuden (WG / NWG)

DIN V 4108-2:2013, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN EN ISO 6946:2018, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

Gebäudeberechnung "Gebäude"

Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Klimadaten für den Gebäudestandort "4 Potsdam (Deutschland)" aus TRY-Datensätzen

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = 1,0 \text{ °C}$

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
Klassenzimmer	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	726	2362
Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,6	18	57
Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	250	19,9	17,2	116	407
Büro	201 Einzelbüro	250	20,0	17,3	24	82
					883	2.908

Gebäude, $A_{NGF} = 883,4 \text{ m}^2$, $n_G = 2$ Geschosse

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr \Rightarrow Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

$\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabsenkung

ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

Begrenzung der U-Werte (U_{max} -Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	F _x	Anmerkungen	H _T W/K
Dämmwerk-Flächenimport						
Bezeichnung						
Klassenzimmer						
1 FAW N-W	1:0	130,2	0,22	1,00 FAW	02 50	29,3
2 FF N-W	1:0	23,9	1,10	1,00 FF	50 02	26,3
3 FAW N-O	1:0	83,2	0,22	1,00 FAW	02 50	18,7
4 FF N-O	1:0	12,0	1,10	1,00 FF	50 02	13,2
5 FD	1:0	407,0	0,17	1,00 FD	02 50	70,8
6 FAW S-O	1:0	110,5	0,22	1,00 FAW	02 50	24,9
7 FF S-O	1:0	12,0	1,10	1,00 FF	50 02	13,2
8 FDE	1:0	16,5	0,29	1,00 FD	02 50	4,7
10 FAW S-W	1:0	124,6	0,22	1,00 FAW	02 50	28,0
11 FF S-W	1:0	12,0	1,10	1,00 FF	50 02	13,2
12 FF N-O	1:0	21,6	1,10	1,00 FF	50 02	23,8
13 FF N	1:0	9,0	2,00	1,00 FF	72 50 02	18,0
14 FG	1:0	100,3	0,39	0,40 Ffb	15 53 19 25	15,8
15 FG	1:0	305,6	0,39	0,40 Ffb	53 19 25 15	48,0
16 FF S-O	1:0	24,0	1,10	1,00 FF	50 02	26,4
17 FF S-W	1:0	12,0	1,10	1,00 FF	50 02	13,2
18 FF N-W	1:0	12,0	1,10	1,00 FF	50 02	13,2
19 FAWT N-O	1:0	2,7	1,50	1,00 FAW	02 50	4,1
20 FF N-O	1:0	1,4	1,10	1,00 FF	50 02	1,5
21 FF N-O	1:0	17,4	1,10	1,00 FF	50 02	19,2
Sanitaer						
1 FD	2:0	11,6	0,17	1,00 FD	02 50	2,0
2 FG	2:0	9,0	0,39	0,45 FG	19 15 50 25	1,6
3 FG	2:0	2,6	0,39	0,45 FG	19 74 50 25	0,5
Flur						
1 FAW N-O	3:0	79,5	0,22	1,00 FAW	02 50	17,9
2 FF N-O	3:0	7,2	1,10	1,00 FF	50 02	8,0
3 FAW S-O	3:0	16,7	0,22	1,00 FAW	02 50	3,7
4 FD	3:0	91,1	0,17	1,00 FD	02 50	15,8
6 FDE	3:0	19,9	0,29	1,00 FD	02 50	5,7
7 FAW S-W	3:0	50,9	0,22	1,00 FAW	02 50	11,5
8 FF S-W	3:0	16,0	1,10	1,00 FF	50 02	17,6
9 FG	3:0	62,7	0,39	0,45 FG	15 19 50 25	11,1
10 FF S-W	3:0	17,2	1,10	1,00 FF	50 02	18,9
11 FAWT S-W	3:0	4,6	1,50	1,00 FAW	02 50	6,9
12 FF S-W	3:0	2,3	1,10	1,00 FF	50 02	2,6

13 FAWT S-O	3:0	3,1	1,50	1,00	FAW	02 50	4,6
Büero							
1 FD	4:0	14,5	0,17	1,00	FD	02 50	2,5
2 FG	4:0	14,9	0,39	0,45	FG	15 19 50 25	2,6
3 FAW N-O	4:0	7,1	0,22	1,00	FAW	02 50	1,6
4 FF N-O	4:0	7,2	1,10	1,00	FF	50 02	8,0

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 1.876,0$$

$$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 568,5$$

Bodenplattenmaß $B' (25) = A_G / (0.5 P) = 498,00 / 47,00 = 10,60 \text{ m}$
keine weiteren Bodenplatten

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_X -Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 15 Bodenplatte auf Erdreich mit waagerechter Randdämmung ($> 5 \text{ m}$ breit, $R_n > 2 \text{ m}^2\text{K/W}$).
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F_x -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.
- 72 Lichtkuppel
- 74 Die Hüllfläche wird im mittleren U-Wert nach Hüllflächengruppen (Abs.5.2.3) nicht berücksichtigt.

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 147,0 \text{ W/K}$ (25,9 %), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
Klassenzimmer	465	64	0	529	0	0
Sanitär	4	2	0	6	0	0
Verkehrsfläche	150	11	0	161	0	0
Büro	16	3	0	19	0	0
	636	80		715		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken

$H_{T,s} = \Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ L_s -Wert aus der Bauteilberechnung

$H_{T,iu} = \Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich

$H_{T,iz} = \Sigma A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 715,5 / 1.876,0 = \mathbf{0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

	opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
U _{max} Ti >= 19°C	0,28	1,50	1,50	2,50
U _{max} Ti < 19°C	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen Ti >= 19°C	0,21	1,10		2,00

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: U = 2,00 W/(m²K) = 2,50 W/(m²K) -20,0%

2.4 Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert W/(m²K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m²	H _T W/K
Dach (SH-H1)	0,17		524 28 %	91 16 %
Bodenplatte (SH-H2)	0,39		495 26 %	80 14 %
Geschossdecke gegen Außenl	0,29		36 2 %	10 2 %
Fenster (SH-T1)	1,10		198 11 %	218 38 %
Lichtkuppel (SH-T2)	2,00		9 0 %	18 3 %
Außenwand (SH-V1)	0,22		603 32 %	136 24 %
Außentür transparent (SH-V	1,50	83 %	10 1 %	16 3 %
			1876 100 %	568 100 %

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

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, Grenzwert nach GEG §26 für Dichtheitsprüfung mit RLT-Anlage, n₅₀ = 1,50 h⁻¹
Nettoraumvolumen > 1.500 m³ ⇒ n₅₀ = q₅₀ * Σ A / V = 2,5*1876 / 2908 = 1,61 (Gl.68)

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
e_{wind} = 0.07 f_{wind} = 15 (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n ₅₀ h ⁻¹	V _A m³/(m²h)	Luftwechsel n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	Fenster n _{win} h ⁻¹	Lüftungsanlage n _{m,ZUL} h ⁻¹	t _{v,m} h/d
Klassenzimmer	-	1,52	10,00	3,07	0,11	0,94	-	-
Sanitär	-	1,02	15,00	4,66	0,03	2,60	-	13
Verkehrsfläche	-	2,28	0,00	0,00	0,16	0,10	-	-
Büro	-	1,34	4,00	1,17	0,09	0,55	-	-
⇒ WE-Betrieb ...								
Klassenzimmer			0,00	0,00	0,11	0,10		
Sanitär			0,00	0,00	0,07	0,10		
Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,16	0,10		
Büro			0,00	0,00	0,09	0,10		

Zone <2> RLT-Anlage (201) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 265 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot \Delta n_{GF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

$n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech} / 24$

mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 4 /

$\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$

$n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden

Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)

Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m ³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
Klassenzimmer	2.362	0	86	751	837	0	2,9
Sanitär	57	0	1	50	51	0	
Verkehrsfläche	407	0	22	14	36	0	
Büro	82	0	3	15	18	0	
		0	111	831	942	0	
⇒ WE-Betrieb ...							
Klassenzimmer		0	86	80	166		
Sanitär		0	1	2	3		
Verkehrsfläche		0	22	14	36		
Büro		0	3	3	5		
		0	112	99	210		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet

H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$

$H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)

$\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT

θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"

Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f

Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	Ag m²	IS,Jan/Jul W/m²	geff,Jan/Jul %			QS,Jan/Jul kWh/d	
2 FF N-W	1	16,76	11/ 95	29/	20	7104s	1,3/	7,5
4 FF N-O	1	8,38	11/ 112	29/	29	7100	0,6/	6,6
7 FF S-O	1	8,38	50/ 132	14/	12	7104s	1,4/	3,3
11 FF S-W	1	8,38	40/ 120	14/	12	"	1,1/	3,0
12 FF N-O	1	15,14	11/ 112	29/	29	7100	1,2/	11,9

13 FF N	1	6,30	29/ 210	29/ 29	"	1,3/ 9,3
16 FF S-O	1	16,82	50/ 132	14/ 12	7104s	2,8/ 6,6
17 FF S-W	1	8,41	40/ 120	14/ 12	"	1,1/ 3,0
18 FF N-W	1	8,41	11/ 95	29/ 20	"	0,6/ 3,8
20 FF N-O	1	0,97	11/ 112	29/ 29	7100	0,1/ 0,8
21 FF N-O	1	12,19	11/ 112	29/ 29	"	0,9/ 9,6
2 FF N-O	3	5,06	11/ 112	29/ 29	"	0,4/ 4,0
8 FF S-W	3	11,17	40/ 120	29/ 29	"	3,1/ 9,4
10 FF S-W	3	12,03	40/ 120	29/ 29	"	3,4/ 10,1
12 FF S-W	3	1,62	40/ 120	29/ 29	"	0,5/ 1,4
4 FF N-O	4	5,06	11/ 112	29/ 29	"	0,4/ 4,0
145,20						20/ 94

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Q_S = Strahlungsgewinn pro Tag = $A \cdot F_F \cdot g_{eff} \cdot I_S \cdot t$ mit $g_{eff} = f(F_S, F_w, g_{\perp})$ (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7104: aus dem Bauteilbezug, Außenjalousie 45° grau

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig

Berechnung von $g_{tot,13363}$ -Werten nach EN 13363-1 mit $\tau_{e,B}$ und $p_{e,B}$ nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern $G1 = 5$, $G2 = 10$ und $G3 = 30$

$g_{eff} = F_S \cdot F_w \cdot F_v \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

g_{tot} = g-Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.8, ohne Sonnenschutz gilt $g_{tot} = g_{\perp}$)

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnozonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{eff} = F_w \cdot F_v \cdot (a \cdot g_{tot} + (1-a) \cdot g_{\perp})$ bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert g_{eff} ist maßgebend

a_{wi} / a_{so} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A	U	α	h_r	$I_{S,Jul}$	$Q_{S,Jul}$	
		m ²	W/ (m ² K)		W/ (m ² K)	W/m ²	kWh/d	
1 FAW N-W	NW	1	130,2	0,22	0,50	4,50	95	0,7
3 FAW N-O	NO	1	83,2	0,22	0,50	4,50	112	0,6
5 FD	-	1	407,0	0,17	0,50	4,50	210	4,1
6 FAW S-O	SO	1	110,5	0,22	0,50	4,50	132	1,0
8 FDE	-	1	16,5	0,29	0,50	4,50	210	0,4
10 FAW S-W	SW	1	124,6	0,22	0,50	4,50	120	1,0
19 FAWT N-O	NO	1	2,7	1,50	0,50	4,50	112	0,1
1 FD	-	2	11,6	0,17	0,50	4,50	210	0,1
1 FAW N-O	NO	3	79,5	0,22	0,50	4,50	112	0,6
3 FAW S-O	SO	3	16,7	0,22	0,50	4,50	132	0,2
4 FD	-	3	91,1	0,17	0,50	4,50	210	0,9
6 FDE	-	3	19,9	0,29	0,50	4,50	210	0,5
7 FAW S-W	SW	3	50,9	0,22	0,50	4,50	120	0,4
11 FAWT S-W	SW	3	4,6	1,50	0,50	4,50	120	0,2
13 FAWT S-O	SO	3	3,1	1,50	0,50	4,50	132	0,2
1 FD	-	4	14,5	0,17	0,50	4,50	210	0,1
3 FAW N-O	NO	4	7,1	0,22	0,50	4,50	112	0,1
1.173,7							11,2	

$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta \vartheta_{er}) \cdot t$ (DIN V 18599-2, Gl.117)

α = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.9), abhängig von der Bauteiloberfläche

I_S = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m^2]

F_f = Formfaktor zwischen Bauteil und Himmel (bis 45° Neigung = 1, über 45° = 0.50)

h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = $5 \cdot \text{Emissionsgrad} = 5 \cdot 0.8 = 4 \text{ W}/(m^2K)$

$\Delta\vartheta_{er}$ = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel ($10^\circ K$)

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
Klassenzimmer	1.302	868	344	216	388	436	1.048	14.400
Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
Verkehrsfläche	618	463	175	126	227	194	492	6.297
Büro	55	32	14	8	12	19	45	727
über opake ...								
Klassenzimmer	97	34	-	-	2	-	43	1.385
Sanitär	1	-	-	-	-	-	0	19
Verkehrsfläche	41	18	-	-	1	-	22	533
Büro	2	-	-	-	-	-	0	30
	2.117	1.414	533	350	630	649	1.650	23.390

5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)

Zone	A_B m^2	$q_{I,p}$ kWh/d	$q_{I,fac}$ kWh/d	$Q_{I,g}$ kWh/d	Q_I kWh/d
Klassenzimmer	693	69,3	13,9	0,0	83,2
Sanitär	21	-	-	0,0	0,0
Verkehrsfläche	153	-	-	0,0	0,0
Büro	1	0,0	0,0	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
Sanitär		-	-	0,0	0,0
Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
Büro		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m^3/hW	$Q_{I,L}$ kWh/d	$Q_{I,h}$ kWh/d	$Q_{I,w}$ kWh/d	$Q_{I,rv}$ kWh/d
Klassenzimmer	0,0	8,6	18,7	0,0	0,0
Sanitär	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Verkehrsfläche	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0
Büro	0,0	0,7	0,6	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

$q_{I,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

$q_{I,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

$Q_{I,g}$ = $Q_{I,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)

$Q_{I,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

$Q_{I,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

$Q_{l,w}$ = ungeregelte Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

$Q_{l,rv}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

Q_{source} im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V, mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
Klassenzimmer	529	837	0	648	130	0,201
Sanitär	6	51	0	29	0	0,011
Verkehrsfläche	161	36	0	95	11	0,116
Büro	19	18	0	18	2	0,106
Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
Klassenzimmer	50	1366	26,57	2,66	0,989	1,000
Sanitär	50	57	15,41	1,96	1,000	1,000
Verkehrsfläche	50	197	29,46	2,84	0,998	0,998
Büro	50	37	32,36	3,02	0,999	1,000

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, $H_{T,iz}$ siehe Q_{sink}

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

$\Sigma H_{V, mech}$ = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

Q_{sink} = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone

Q_{source} = Summe der solaren und internen Wärmequellen in der Gebäudezone

$\gamma = Q_{source} / Q_{sink}$ = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

C_{wirk} = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche

τ = Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit H = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung

$a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = numerischer Parameter

η = Ausnutzungsgrad = $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$, bei $\gamma=1$ gilt $\eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
T_e °C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...												
$T_{i, 1}$ °C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,2	19,8	19,5
$T_{i, 2}$ °C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9

$T_{i, 3}$	°C	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i, 4}$	°C	20,0	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9

⇒ WE-Betrieb ...

$T_{i, 1}$	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i, 2}$	°C	17,6	17,7	18,2	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,9	19,0	18,1	17,6
$T_{i, 3}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i, 4}$	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3

7.1 Zone Klassenzimmer

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

Monatliche Heizzeiten t_h nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".

Der Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb $\Delta Q_{C,b,WE}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 83,2$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,866	0,962	0,986	0,990	0,989	0,987	0,977	0,860
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,969	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,867
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	383	643	622	643	643	581	643	7.550
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.841
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.686	4.442	7.114	8.971	8.830	7.539	6.664	52.508
$Q_{h,b,WE}$	kWh	229	1.109	2.280	3.002	2.895	2.425	1.888	14.397
Q_T	kWh	2.237	3.968	5.643	6.935	6.900	5.952	5.624	46.533
Q_V	kWh	2.346	4.161	5.917	7.273	7.236	6.242	5.898	48.800
Q_S^*	kWh	1.278	882	341	215	388	433	1.077	12.365
Q_I^*	kWh	1.391	1.722	1.920	2.146	2.118	1.864	1.896	18.772

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source, WE}}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne im Regel- / WE-Betrieb

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb ($t_{\text{nutz}} < 365$)

monatliche Heizzeit t_h nach Anhang D, Transmissionsverluste Q_T und Lüftungsverluste Q_V

solare Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$ und interne Wärmegewinne $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$

Heizwärmebedarf $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* \cdot \eta - Q_I^* \cdot \eta$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone Sanitär

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,6$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996
$\eta_{\text{source, WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	9	15	15	16	16	14	16	137
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.064
$Q_{h,b,RE}$	kWh	180	326	461	565	562	485	458	3.768

$Q_{h,b,WE}$	kWh	3	6	16	23	23	19	15	113
Q_T	kWh	28	50	71	87	86	74	70	582
Q_V	kWh	163	289	411	506	503	434	410	3.392
Q_{S^*}	kWh	1	-	-	-	-	-	0	19
Q_{I^*}	kWh	7	7	7	7	7	6	7	81

7.3 Zone Verkehrsfläche

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,879	0,980	0,998	0,999	0,998	0,998	0,986	0,840
$\eta_{source,WE}$		0,830	0,970	0,998	0,999	0,998	0,998	0,979	0,787
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	64	103	100	103	103	93	103	1.213
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.965
$Q_{h,b,RE}$	kWh	265	844	1.497	1.878	1.792	1.552	1.254	10.138
$Q_{h,b,WE}$	kWh	6	176	450	599	560	479	336	2.688
Q_T	kWh	703	1.247	1.774	2.180	2.169	1.871	1.768	14.626
Q_V	kWh	157	278	395	486	483	417	394	3.258
Q_{S^*}	kWh	569	469	175	126	228	194	506	5.016
Q_{I^*}	kWh	19	42	75	102	99	82	67	548

7.4 Zone Büro

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,989	0,995	0,999	0,999	0,999	0,998	0,995	0,907
$\eta_{source,WE}$		0,997	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,873
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	28	21	20	21	21	19	21	220
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	6.507
$Q_{h,b,RE}$	kWh	88	184	277	344	340	289	256	2.002
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	22	50	68	66	54	39	303
Q_T	kWh	83	148	210	259	257	222	210	1.736
Q_V	kWh	63	111	158	194	193	166	157	1.301
Q_{S^*}	kWh	56	32	14	8	12	19	45	603
Q_{I^*}	kWh	17	22	30	37	35	29	27	260

7.5 Summe Heizwärmebedarf

Q_T	Q_V	Q_{S^*}	Q_{I^*}	$Q_{h,b}$	$Q_{h,b}$
kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/(m ² a)

Klassenzimmer	46.533	48.800	12.365	18.772	66.905	92,2
Sanitär	582	3.392	19	81	3.882	219,7
Verkehrsfläche	14.626	3.258	5.016	548	12.826	110,4
Büro	1.736	1.301	604	260	2.306	96,4
	63.477	56.751	18.003	19.661	85.918	97,3

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

Betrachtungsmonat Januar, $\theta_e = 1,0^\circ\text{C}$

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ $^\circ\text{C}$
Sanitär	-	201 RLT-Anlage	VE	2,9

Zone <2> RLT-Anlage (201) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 0 / 265 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbefeuchter / Dampfbefeuchter

rec..% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte

θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_v \cdot d_v$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_v, Jan kWh
Sanitär	265	276	0,00	0,11	31

monatliche Werte W_v [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Sanitär	30	31	30	31	31	28	31	370
	30	31	30	31	31	28	31	370

$V_{\text{mech, m}} = \text{Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert} = \text{Luftwechselzahl} \cdot \text{Luftvolumen}$

$t_v \cdot d_v = \text{monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage} = \text{h/Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im Regelbetrieb}$

$PV, \text{SUP} / PV, \text{ETA} = \text{elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren}$

$W_v = \text{Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)}$

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (15), mit Dachoberlichtern (1)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	ATL m^2	ARB m^2	Tageslicht	CTL %
1 2 FF N-W	N-W 1	300	60,1	23,9	gut	93
2 4 FF N-O	N-O 1	300	30,1	12,0	gut	93
3 7 FF S-O	S-O 1	300	30,1	12,0	gut	90
4 11 FF S-W	S-W 1	300	30,1	12,0	gut	90
5 12 FF N-O	N-O 1	300	54,3	21,6	gut	93
7 16 FF S-O	S-O 1	300	60,4	24,0	gut	90
8 17 FF S-W	S-W 1	300	30,2	12,0	gut	90
9 18 FF N-W	N-W 1	300	30,2	12,0	gut	93
10 20 FF N-O	N-O 1	300	3,5	1,4	gut	93
11 21 FF N-O	N-O 1	300	43,7	17,4	gut	93
12 2 FF N-O	N-O 3	100	19,7	7,2	gut	90
13 8 FF S-W	S-W 3	100	43,4	16,0	gut	88
14 10 FF S-W	S-W 3	100	46,7	17,2	gut	88
15 12 FF S-W	S-W 3	100	6,3	2,3	gut	88
16 4 FF N-O	N-O 4	500	18,2	7,2	gut	82

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	ATL m^2	ARB m^2	Tageslicht	CTL %
6 13 FF N	1	300	86,4	9,0	gering	85

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m^2]	ATL [m^2]	AKTL [m^2]
Klassenzimmer	726	459	267
Sanitär	18	-	18
Verkehrsfläche	116	116	0
Büro	24	18	6

A_{TL} = tageslichtversorgte Fläche = $\alpha_{TL} \cdot b_{TL}$, bei Dachoberlichtern manueller Ansatz

mit α_{TL} = Tiefe des Tageslichtbereichs = $2.5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$, max. Raumtiefe, h_{St} = Sturzhöhe der Rohbauöffnungen, h_{Ne} = Höhe der Nutzenebene über dem Fußboden, und b_{TL} = Breite des Tageslichtbereichs

ARB = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)

Tageslichtquotient $D_{Rb} = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_V; 0]$ (Gl.30),

bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot ARB / A_{TL} \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19

c_{TL} = Tageslichtversorgungsfaktor = $c_{TL,Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (Gl.31)

c_{TL} bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 2 FF N-W	1	93	60	53	46	41	37	35
2 4 FF N-O	1	93	60	53	46	41	37	35
3 7 FF S-O	1	90	60	54	48	43	40	37
4 11 FF S-W	1	90	60	54	48	43	40	37
5 12 FF N-O	1	93	60	53	46	41	37	35
6 13 FF N	1	85	50	69	61	55	51	48
7 16 FF S-O	1	90	60	54	48	43	40	37
8 17 FF S-W	1	90	60	54	48	43	40	37
9 18 FF N-W	1	93	60	53	46	41	37	35
10 20 FF N-O	1	93	60	53	46	41	37	35
11 21 FF N-O	1	93	60	53	46	41	37	35
12 2 FF N-O	3	90	60	54	48	43	39	37
13 8 FF S-W	3	88	60	55	49	44	41	38
14 10 FF S-W	3	88	60	55	49	44	41	38
15 12 FF S-W	3	88	60	55	49	44	41	38
16 4 FF N-O	4	82	57	60	55	51	48	46

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

FTL = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39

$FTL = \max[1 - v_{Monat} \cdot CTL \cdot CTL_{kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (4)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	P_j W/m ²	$f_{Prä}$ m ²	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{1,b}$ kWh/m
1 Klassenzimmer	1	300	9-1-1	3,0	0,88	58	1225	0	163
2 Sanitär	2	200	9-1-1	3,0	0,55	0	1399	114	7
3 Verkehrsfläche	3	100	9-1-1	1,5	0,24	29	610	50	6
4 Büro	4	500	9-1-1	6,1	0,85	112	2162	176	21

197

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 883 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: Zonen 2/3/, Konstantlichtregelung: nein

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
Klassenzimmer	128	140	145	160	147	124	131	1.595
Sanitär	7	7	7	7	7	6	7	81
Verkehrsfläche	5	5	6	7	6	5	5	59
Büro	13	14	14	16	15	12	13	159
	153	166	171	189	174	148	156	1.894

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)

mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_R$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Raumart.

$t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit

t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10

$Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)

$Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{l,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
Klassenzimmer	98	164	1,664	50,000	26,57	0,571
Sanitär	4	0	0,095	50,000	15,41	1,000
Verkehrsfläche	14	28	1,972	50,000	29,46	0,468
Büro	3	5	1,778	50,000	32,36	0,530

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{c,b}$ (Raumklima)								
Klassenzimmer	-	-	-	2	30	162	515	2.826
Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
Verkehrsfläche	-	0	0	3	44	127	222	1.035
Büro	-	-	-	-	1	6	22	99

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{source}$ mit $Q_{source} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{source}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,soll} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,max}$

$Q_{c,max}$ nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	$t_{c,op,d}$ h/d	$Q_{c,max,Jul}$ kW	$Q_{c,max,Sept}$ kW	techn. gekühlt
Klassenzimmer	9	24,1	14,6	nein
Sanitär	13	0,0	-0,3	nein
Verkehrsfläche	13	6,7	6,0	nein
Büro	13	0,7	0,2	nein
		31,5	20,5	

$Q_{c,max} = 0.8 \cdot (Q_{source} - Q_{sink}) \cdot (1 + 0.3 \cdot \exp(-t/120)) - c_{wirk}/60 \cdot (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 \cdot (12 / t_{c-1}) \cdot (T_2, C.1)$
 mit $t_{c,op,d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
Klassenzimmer	nicht relevant			-
Sanitär	vernachlässigt			b
Verkehrsfläche	nicht relevant			-
Büro	nicht relevant			-

$Q_{w,b} = q_{w,b} \cdot d_{mth} \cdot d_{nutz}/365 \cdot \text{Menge [kWh/Monat]}$ (DIN V 18599-10)

b) Beträgt der tägliche Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser weniger als 0,2 kWh je Person und Tag bzw. weniger als 0,2 kWh je Beschäftigte und Tag (entspricht etwa 5 l je Person und Tag bzw. 5 l je Beschäftigte und Tag bei einer Warmwassertemperatur von 45°C) darf der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser vernachlässigt werden. Dies ist z.B. der Fall bei Bürogebäuden oder Schulen mit einzelnen Trinkwarmwasser-Zapfstellen (Handwaschbecken, Teeküche, Getränkeausgabe, Putzraum).

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

nach T2, Anhang B, Bemessungsmonat = Januar mit $\theta_{i,h,min}$ zonenbezogen und $\theta_{e,min} = -12^\circ\text{C}$

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
Klassenzimmer	16,9	13,4	0	0,0	30,3
Sanitär	0,2	0,8	0	0,0	1,0
Verkehrsfläche	5,2	0,6	0	0,0	5,7
Büro	0,6	0,3	0	0,0	0,9

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

$Q_{V,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Lüftungswärmeverluste aus Infiltration und Fensterlüftung

$V_{mech} = n_{mech,ZUL} \cdot V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

$Q_{V,mech} = 0.34 \cdot V_{mech} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_v)$ = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max} = \text{Heizleistung (T2 Gl.B.1)}$$

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr 2		1/3/4/	82.037	36,9	41,0

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Qh,b,<1>	kWh	2.275	6.777	11.669	14.861	14.483	12.337	10.437	82.037

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ nach T2, maximale Heizleistung $\Phi_{h,max}$ (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung $Q_{N,h}$ nach T5, 5.4

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone Verkehrsfläche

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_{h, <3>}$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.965
$t_{h,rL,d, <3>}$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB, <3>}$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	225
$t_{h,rL, <3>}$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.414

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} \cdot (24 - t_{h,op,day})$ (T5 Gl.24) mit

$t_{h,op,day}$ = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und $f_{L,NA}$ = Laufzeitfaktor

$d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)

$t_{h,rL} = t_{h,rL,day} \cdot d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Laufzeit

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (12,9%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe nicht relevant / bereits enthalten (0,0 Watt)

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

$Q_{h,b}$	kWh	2.275	6.777	11.669	14.861	14.483	12.337	10.437	82.037
-----------	-----	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

$Q_{h,ce}$ kWh 645 1.120 1.312 1.405 1.376 1.228 1.217 10.599

$\Sigma Q_{h,b+ce}$ kWh 2.920 7.897 12.981 16.266 15.860 13.565 11.654 92.635

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ (nach T2), Regel- und WE-Betrieb

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (monatlich, Gl.34)

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce}$ (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem, Raumtemperaturregelung, Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

13.5 Heizwärmeverteilung

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 3

Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 846,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.

= 3,80 m, 2 Geschosse, $L_{char} = 27,7 \text{ m}$. manuell

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 45 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<3>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 16 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren $f_{hydr. Abgleich} = 1,00$, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	197,5 m	83,6 m	56,9 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung

$Q_{h,d}$, daraus resultierende, ungeregelte Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr								
$\beta_{h,d}$	0,11	0,29	0,49	0,59	0,58	0,55	0,42	
$\theta_{VL,av}$ °C	27,2	34,0	40,6	43,7	43,3	42,4	38,6	
$\theta_{RL,av}$ °C	25,4	30,2	34,8	37,0	36,7	36,1	33,4	
$Q_{h,d}$ kWh	128	281	518	709	693	579	471	3.838
$W_{h,d}$ kWh	5	8	13	18	18	15	12	104
$Q_{I,h,d}$ kWh	128	281	518	709	693	579	471	3.838

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 4,1 \%$, ungeregelte Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 4,1 \%$

Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3

Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{L,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)
 $Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelte Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1.03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (Gl.66, intermittierend)
 $f_{P,A}$ = Korrekturfaktor für Absenkung / Abschaltung der Pumpe bei intermittierendem Betrieb
mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.049	8.178	13.499	16.975	16.553	14.144	12.125	96.473

$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d}$ in [kWh]

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Wärmepumpe 2, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010, Heizungswärmepumpe, 40,0 kW
Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 4,8 bei A7/W35

Die Leistungszahlen (COP) werden für die mittleren, monatlichen Vorlauftemperaturen $\theta_{VL}(\beta_h)$

(Gl.14) und stundenanteilig für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert,

Parallelbetrieb bei $\theta_e < \theta_{Bivalenz}$ (-2°C)

Stundensummen in den Temperaturklassen nach DIN V 18599-5, Tab.31

COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol}$ = Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich
Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"

COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich, t_{ON} = tägliche Laufzeit

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf der WP, $Q_{h,f,bu}$ = Nutz- / Endenergiebedarf der Nachheizung

$Q_{h,in}$ = regenerativer Energieertrag (Gl.149), $W_{h,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf

Wärmepumpe 2, Jahresarbeitszahl_{Hzg} = 2,68

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	3.049	8.178	13.499	16.975	16.553	14.144	12.125	96.473
COP		3,96	3,10	2,57	2,46	2,48	2,51	2,63	
$t_{ON,g,d}$	h/d	2,2	6,2	11,2	14,2	13,7	13,3	9,9	
$Q_{h,f}$	kWh	906	2.601	5.141	6.688	6.300	5.491	4.588	35.399

$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	85	456	760	270	71	1.646
$Q_{h,f, sum}$	kWh	906	2.601	5.226	7.144	7.060	5.761	4.659	37.045
$Q_{h, in}$	kWh	2.142	5.578	8.273	9.831	9.493	8.383	7.466	59.428

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 1/3/4 ($A_{NGF} = 866 \text{ m}^2$)
Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	906	2.601	5.226	7.144	7.060	5.761	4.659	37.045
W_h	kWh	5	8	13	18	18	15	12	104
Strom-Mix	kWh	906	2.601	5.226	7.144	7.060	5.761	4.659	37.045
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	3,6	7,6	14,5	19,2	18,7	17,3	12,7	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,6	1,2	2,3	3,1	3,0	2,8	2,0	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf Heizung = $Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s} + Q_{h,g} - Q_{h,sol}$ (Gl.4)

W_h = Hilfsenergiebedarf = $W_{h,ce} + W_{h,d} + W_{h,s} + W_{h,gen}$ (Gl.6)

$Q_{I,h}$ = ungeregelte Wärmeeinträge = $Q_{I,h,d} + Q_{I,h,s} + Q_{I,h,g}$ (Gl.7)

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Ungeregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Heizwärme	1/3/4/	37.045	1,80	1,00	66.680
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/	1.894	1,80	1,00	3.410
Strom-Mix	Hilfsenergie		475	1,80	1,00	854
Σ [kWh/Jahr]			39.414			70.944

$$Q_P = \sum Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i} \text{ (DIN V 18599-1, Gl.22)}$$

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 70.944 / 883 = \mathbf{80,3 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}}$ ($\Sigma A_{NGF} = 883 \text{ m}^2$)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 0,5 kWh/(m²a), Strom-Mix 44,1 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
Strom-Mix	37.045	560	20.745	
Strom-Mix	1.894	560	1.061	
Strom-Mix	475	560	266	
	39.414		22.072	25,0

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen
Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt Zone	m²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
Klassenzimmer	726	-	1.595	-	-	30.211	31.806
Sanitär	18	-	81	-	-	-	81
Verkehrsfläche	116	-	59	-	-	5.790	5.848
Büro	24	-	159	-	-	1.041	1.201
Gebäude	883	-	1.894	-	-	37.041	38.935

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	0,4	2,1	0,0	0,0	92,9	95,4
Endenergiebedarf	0,4	2,1	0,0	0,0	42,1	44,6
Primärenergiebedarf	0,8	3,9	0,0	0,0	75,7	80,3

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

15.0 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude

Referenzberechnung = "Gebäude-ReferenzGEG"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte"
Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18
zul $q_{P,REF} = 127,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, aus der Referenzberechnung
zul $q_P = 127,1 - 25\% = 95,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18
vorh $q_P = 70.944 / 883,4 = 80,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_P = 80,3 \leq 95,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis über die Nutzungsanteile für erneuerbare Energien
(detaillierter Nachweis siehe Abs. 17)

Die Anforderungen aus dem Gebäudeenergiegesetz 2020, §§ 34 ff **werden erfüllt**

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

17.1 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG 2011 / 2014

Nachweis für öffentlich genutzte Gebäude
Wärme- und Kälteenergiebedarf = $37045 + 0 + 59428 + 0 = 96.473 \text{ kWh/Jahr}$ (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Umweltenergie [Hzg-WP]	94.827	98,3 %	50,0 %	196,6 %
				196,6 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Nachweis über die kleinste U-Wert-Unterschreitung nach Abs. 2.3

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs- anteil
				erzielt	gefordert	
U-Werte	W/ (m²K)	2,50	2,00	20,0 %	30,0 %	66,7 %
QP	kWh/ (m²a)	95,3	80,3	15,8 %	15,0 %	

erreichter Nutzungsanteil, Summe = $263,3\% \geq$ Nutzungspflichtanteil = 100 %

Die Anforderungen aus dem EEWärmeG 2011 / 2014 **werden erfüllt**

J Referenzberechnung Neubau Schulhaus

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: SZ Coesfeld - Schulgebäude - monovalente WP GEG

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

DIN V 18599:2018 - Energetische Bewertung von Gebäuden (WG / NWG)

DIN V 4108-2:2013, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN EN ISO 6946:2018, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

Gebäudeberechnung "Gebäude-ReferenzGEG"

Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Klimadaten für den Gebäudestandort "4 Potsdam (Deutschland)" aus TRY-Datensätzen

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = 1,0 \text{ °C}$

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_N m ²	V_i m ³
Klassenzimmer	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	726	2362
Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,7	18	57
Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	250	19,9	17,2	116	407
Büro	201 Einzelbüro	250	20,0	17,3	24	82
					883	2.908

Gebäude, $A_N = 883,4 \text{ m}^2$, $n_G = 2$ Geschosse

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr \Rightarrow Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

$\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabenkung

9j Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2
Begrenzung der U-Werte (U_{max} -Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	F _x	Anmerkungen	H _T W/K
Dämmwerk-Flächenimport						
Bezeichnung						
Klassenzimmer						
1 FAW N-W	1:0	130,2	0,280	1,00 FAW	51 02	36,5
2 FF N-W	1:0	23,9	1,300	1,00 FF	51 02	31,1
3 FAW N-O	1:0	83,2	0,280	1,00 FAW	51 02	23,3
4 FF N-O	1:0	12,0	1,300	1,00 FF	51 02	15,6
5 FD	1:0	407,0	0,200	1,00 FD	51 02	81,4
6 FAW S-O	1:0	110,5	0,280	1,00 FAW	51 02	30,9
7 FF S-O	1:0	12,0	1,300	1,00 FF	51 02	15,6
8 FDE	1:0	16,5	0,200	1,00 FD	51 02	3,3
10 FAW S-W	1:0	124,6	0,280	1,00 FAW	51 02	34,9
11 FF S-W	1:0	12,0	1,300	1,00 FF	51 02	15,6
12 FF N-O	1:0	21,6	1,300	1,00 FF	51 02	28,1
13 FF N	1:0	9,0	1,300	1,00 FF	72 51 02	11,7
14 FG	1:0	100,3	0,350	0,35 FG	15 74 51 25	12,3
15 FG	1:0	305,6	0,350	0,35 FG	15 51 25	37,4
16 FF S-O	1:0	24,0	1,300	1,00 FF	51 02	31,2
17 FF S-W	1:0	12,0	1,300	1,00 FF	51 02	15,6
18 FF N-W	1:0	12,0	1,300	1,00 FF	51 02	15,6
19 FAWT N-O	1:0	2,7	0,280	1,00 FAW	51 02	0,8
20 FF N-O	1:0	1,4	1,300	1,00 FF	51 02	1,8
21 FF N-O	1:0	17,4	1,300	1,00 FF	51 02	22,6
Sanitaer						
1 FD	2:0	11,6	0,200	1,00 FD	51 02	2,3
2 FG	2:0	9,0	0,350	0,35 FG	15 51 25	1,1
3 FG	2:0	2,6	0,350	0,35 FG	15 74 51 25	0,3
Flur						
1 FAW N-O	3:0	79,5	0,280	1,00 FAW	51 02	22,3
2 FF N-O	3:0	7,2	1,300	1,00 FF	51 02	9,4
3 FAW S-O	3:0	16,7	0,280	1,00 FAW	51 02	4,7
4 FD	3:0	91,1	0,200	1,00 FD	51 02	18,2
6 FDE	3:0	19,9	0,200	1,00 FD	51 02	4,0
7 FAW S-W	3:0	50,9	0,280	1,00 FAW	51 02	14,3
8 FF S-W	3:0	16,0	1,300	1,00 FF	51 02	20,7
9 FG	3:0	62,7	0,350	0,35 FG	15 51 25	7,7
10 FF S-W	3:0	17,2	1,300	1,00 FF	51 02	22,3
11 FAWT S-W	3:0	4,6	0,280	1,00 FAW	51 02	1,3
12 FF S-W	3:0	2,3	1,300	1,00 FF	51 02	3,0
13 FAWT S-O	3:0	3,1	0,280	1,00 FAW	51 02	0,9
Buero						

1 FD	4:0	14,5	0,200	1,00 FD	51 02	2,9
2 FG	4:0	14,9	0,350	0,35 FG	15 51 25	1,8
3 FAW N-O	4:0	7,1	0,280	1,00 FAW	51 02	2,0
4 FF N-O	4:0	7,2	1,300	1,00 FF	51 02	9,4

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 1.876,0$$

$$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 613,8$$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 498,00 / 47,00 = 10,60 \text{ m}$
keine weiteren Bodenplatten

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x -Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 15 Bodenplatte auf Erdreich mit waagerechter Randdämmung (> 5 m breit, $R_n > 2 \text{ m}^2\text{K/W}$).
- 25 F_x -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.
- 72 Lichtkuppel
- 74 Die Hüllfläche wird im mittleren U-Wert nach Hüllflächengruppen (Abs.5.2.3) nicht berücksichtigt.

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 93,8 \text{ W/K}$ (15,3 %), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
Klassenzimmer	487	50	0	537	0	0
Sanitär	3	1	0	5	0	0
Verkehrsfläche	140	8	0	147	0	0
Büro	16	2	0	18	0	0
	647	61		708		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken
 $H_{T,s} = \Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ L_s -Wert aus der Bauteilberechnung
 $H_{T,iu} = \Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich
 $H_{T,iz} = \Sigma A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient
 $H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 707,6 / 1.876,0 = \mathbf{0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

	opake Bauteile [W/(m ² K)]	Fenster [W/(m ² K)]	Vorhangf. [W/(m ² K)]	Oberl. [W/(m ² K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,28	1,50	1,50	2,50
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,50	2,80	3,00	3,10

Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$ 0,23 1,30 1,30

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) -13,3\%$

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 1876 / 2908 = 1,94 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.07 \quad f_{\text{wind}} = 15 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (manuelle, raumweise Steuerung) für die Zonen Klassenzimmer

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD			Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
		n50	VA	n _{nutz}	n _{inf}	n _{win}	n _{m,ZUL}	t _{v,m}
		h ⁻¹	m ³ / (m ² h)	h ⁻¹	h ⁻¹	h ⁻¹	h ⁻¹	h/d
Klassenzimmer	-	1,83	9,25	2,84	0,13	0,86	-	-
Sanitär	-	0,82	15,00	4,66	0,03	2,60	-	13
Verkehrsfläche	-	2,73	0,00	0,00	0,19	0,10	-	-
Büro	-	1,61	4,00	1,17	0,11	0,54	-	-

\Rightarrow WE-Betrieb ...

Klassenzimmer	0,00	0,00	0,13	0,10
Sanitär	0,00	0,00	0,06	0,10
Verkehrsfläche	0,00	0,00	0,19	0,10
Büro	0,00	0,00	0,11	0,10

Zone <2> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 0 / 265 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot \text{ANGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

$n_{\text{inf}} = n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,\text{mech}} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit $\text{RLT} = n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{V,\text{mech}} / 24$

mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal nach Gl.77}$

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 4 /

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{\text{nutz}} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - n_{\text{inf}} - 0.1$

$n_{\text{mech}} = n_{\text{mech,ZUL}}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden

Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)

Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten	V m^3	$H_{V,z,\text{Jan}}$ W/K	$H_{V,\text{inf}}$ W/K	$H_{V,\text{win}}$ W/K	ΣH_V W/K	$H_{V,\text{mech}}$ W/K	$\vartheta_{V,\text{Jan}}$ $^\circ\text{C}$
Lüftung							
Klassenzimmer	2.362	0	103	693	795	0	
Sanitär	57	0	1	50	51	0	2,9
Verkehrsfläche	407	0	26	14	40	0	
Büro	82	0	3	15	18	0	

	0	133	772	905	0
⇒ WE-Betrieb ...					
Klassenzimmer	0	103	80	183	
Sanitär	0	1	2	3	
Verkehrsfläche	0	26	14	40	
Büro	0	3	3	6	
	0	133	99	232	

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet

$H_V = \text{Wärmetransferkoeffizient Lüftung} = n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$

$H_{V,\text{win,ohne RLT}} = f_{\text{win,seasonal}} \cdot H_{V,\text{win}} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,\text{win}} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)

$\Sigma H_V = H_{V,z,\text{Jan}} + H_{V,\text{inf}} + H_{V,\text{win}}$, Transferkoeffizienten ohne RLT

$\theta_V = \text{Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"}$

Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f
 Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	A_g m^2	$I_S, \text{Jan/Jul}$ W/m^2	$g_{\text{eff}}, \text{Jan/Jul}$ $\%$	$Q_S, \text{Jan/Jul}$ kWh/d
2 FF N-W	1	16,76	11/ 95	26/ 18 7104s	1,1/ 6,9
4 FF N-O	1	8,38	11/ 112	26/ 26 7100	0,6/ 5,7
7 FF S-O	1	8,38	50/ 132	13/ 12 7104s	1,3/ 3,2
11 FF S-W	1	8,38	40/ 120	13/ 12 "	1,1/ 2,9
12 FF N-O	1	15,14	11/ 112	26/ 26 7100	1,0/ 10,4
13 FF N	1	6,30	29/ 210	26/ 26 "	1,1/ 8,1
16 FF S-O	1	16,82	50/ 132	13/ 12 7104s	2,7/ 6,5
17 FF S-W	1	8,41	40/ 120	13/ 12 "	1,1/ 2,9
18 FF N-W	1	8,41	11/ 95	26/ 18 "	0,6/ 3,5
20 FF N-O	1	0,97	11/ 112	26/ 26 7100	0,1/ 0,7
21 FF N-O	1	12,19	11/ 112	26/ 26 "	0,8/ 8,4
2 FF N-O	3	5,06	11/ 112	26/ 26 "	0,3/ 3,5
8 FF S-W	3	11,17	40/ 120	26/ 26 "	2,7/ 8,2
10 FF S-W	3	12,03	40/ 120	26/ 26 "	2,9/ 8,8
12 FF S-W	3	1,62	40/ 120	26/ 26 "	0,4/ 1,2
4 FF N-O	4	5,06	11/ 112	26/ 26 "	0,3/ 3,5
		145,20			18/ 84

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

$Q_S = \text{Strahlungsgewinn pro Tag} = A \cdot F_F \cdot g_{\text{eff}} \cdot I_S \cdot t$ mit $g_{\text{eff}} = f(F_S, F_w, g_{\perp})$ (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7104: aus dem Bauteilbezug, Außenjalousie 45° grau

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig

Berechnung von $g_{\text{tot},13363}$ -Werten nach EN 13363-1 mit $\tau_{e,B}$ und $\rho_{e,B}$ nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern $G1 =$

5, G2 = 10 und G3 = 30

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

g_{tot} = g-Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.8, ohne Sonnenschutz gilt $g_{tot} = g_{\perp}$)

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{eff} = F_W \cdot F_V \cdot (a \cdot g_{tot} + (1-a) \cdot g_{\perp})$ bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert g_{eff} ist maßgebend

aW_i / aS_o = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m²	U W/ (m²K)	α	h _r W/ (m²K)	I _{S,Jul} W/m²	Q _{S,Jul} kWh/d	
1 FAW N-W	NW	1	130,2	0,28	0,50	4,50	95	0,9
3 FAW N-O	NO	1	83,2	0,28	0,50	4,50	112	0,7
5 FD	-	1	407,0	0,20	0,50	4,50	210	4,7
6 FAW S-O	SO	1	110,5	0,28	0,50	4,50	132	1,3
8 FDE	-	1	16,5	0,20	0,50	4,50	210	0,3
10 FAW S-W	SW	1	124,6	0,28	0,50	4,50	120	1,3
19 FAWT N-O	NO	1	2,7	0,28	0,50	4,50	112	0,0
1 FD	-	2	11,6	0,20	0,50	4,50	210	0,1
1 FAW N-O	NO	3	79,5	0,28	0,50	4,50	112	0,7
3 FAW S-O	SO	3	16,7	0,28	0,50	4,50	132	0,2
4 FD	-	3	91,1	0,20	0,50	4,50	210	1,0
6 FDE	-	3	19,9	0,20	0,50	4,50	210	0,3
7 FAW S-W	SW	3	50,9	0,28	0,50	4,50	120	0,5
11 FAWT S-W	SW	3	4,6	0,28	0,50	4,50	120	0,0
13 FAWT S-O	SO	3	3,1	0,28	0,50	4,50	132	0,0
1 FD	-	4	14,5	0,20	0,50	4,50	210	0,2
3 FAW N-O	NO	4	7,1	0,28	0,50	4,50	112	0,1
1.173,7							12,4	

$$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t \quad (\text{DIN V 18599-2, Gl.117})$$

α = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.9), abhängig von der Bauteiloberfläche

I_S = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m²]

F_f = Formfaktor zwischen Bauteil und Himmel (bis 45° Neigung = 1, über 45° = 0.50)

h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 * Emissionsgrad = 5 * 0.8 = 4 W/(m²K)

$\Delta\vartheta_{er}$ = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel (10 °K)

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
Klassenzimmer	1.178	790	311	197	356	394	948	13.063
Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
Verkehrsfläche	541	405	153	110	199	170	430	5.510
Büro	48	28	12	7	11	16	39	636
über opake ...								
Klassenzimmer	114	41	-	-	2	-	51	1.609
Sanitär	1	-	-	-	-	-	0	22
Verkehrsfläche	36	14	-	-	0	-	17	499
Büro	2	-	-	-	-	-	0	35
	1.920	1.278	477	314	569	581	1.487	21.373

5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)

Zone	A_B m ²	$q_{I,p}$ kWh/d	$q_{I,fac}$ kWh/d	$Q_{I,g}$ kWh/d	Q_I kWh/d
Klassenzimmer	726	72,6	14,5	0,0	87,1
Sanitär	18	-	-	0,0	0,0
Verkehrsfläche	116	-	-	0,0	0,0
Büro	24	0,7	1,0	0,0	1,7
⇒ WE-Betrieb ...					
Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
Sanitär		-	-	0,0	0,0
Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
Büro		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	$Q_{I,L}$ kWh/d	$Q_{I,h}$ kWh/d	$Q_{I,w}$ kWh/d	$Q_{I,rv}$ kWh/d
Klassenzimmer	0,0	20,6	9,0	0,0	0,0
Sanitär	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Verkehrsfläche	0,0	0,8	1,4	0,0	0,0
Büro	0,0	1,6	0,3	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

$q_{I,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

$q_{I,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

$Q_{I,g}$ = $Q_{I,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)

$Q_{I,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

$Q_{I,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

$Q_{I,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

$Q_{I,rv}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

Q_{source} im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V,mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
Klassenzimmer	537	795	0	634	131	0,207
Sanitär	5	51	0	29	1	0,033
Verkehrsfläche	147	40	0	90	9	0,098
Büro	18	18	0	18	4	0,231
Zone	C_{wirk} Wh/(m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
Klassenzimmer	50	1332	27,23	2,70	0,989	1,000

Sanitär	50	56	15,83	1,99	0,999	1,000
Verkehrsfläche	50	188	30,95	2,93	0,999	0,999
Büro	50	36	32,80	3,05	0,991	1,000

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, $H_{T,iz}$ siehe Q_{sink}

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

$\Sigma H_{V,mech}$ = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

Q_{sink} = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone

Q_{source} = Summe der solaren und internen Wärmequellen in der Gebäudezone

$\gamma = Q_{source} / Q_{sink}$ = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

C_{wirk} = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche

τ = Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit H = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung

$a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = numerischer Parameter

η = Ausnutzungsgrad = $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$, bei $\gamma=1$ gilt $\eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,2	19,8	19,5
$T_{i,2}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,3}$	°C	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,4}$	°C	20,0	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i,2}$	°C	17,7	17,9	18,3	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,1	18,2	17,7
$T_{i,3}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i,4}$	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3

7.1 Zone Klassenzimmer

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

Monatliche Heizzeiten t_h nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".

Der Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb $\Delta Q_{C,b,WE}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 87,1$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

η_{source}		0,852	0,958	0,985	0,989	0,989	0,987	0,977	0,848
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,978	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,881
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	383	643	622	643	643	581	643	6.765
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.147
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.539	4.204	6.851	8.684	8.570	7.321	6.443	49.777
$Q_{h,b,WE}$	kWh	320	1.243	2.464	3.229	3.122	2.624	2.083	15.872
Q_T	kWh	2.273	4.030	5.732	7.045	7.010	6.046	5.713	47.269
Q_V	kWh	2.275	4.034	5.737	7.051	7.016	6.052	5.718	47.311
Q_S^*	kWh	1.174	812	309	196	356	392	987	11.475
Q_I^*	kWh	1.514	1.837	1.955	2.132	2.085	1.839	1.923	19.387

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne im Regel- / WE-Betrieb

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (tnutz < 365)

monatliche Heizzeit t_h nach Anhang D, Transmissionsverluste Q_T und Lüftungsverluste Q_V

solare Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$ und interne Wärmegewinne $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$

Heizwärmebedarf $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* \cdot \eta - Q_I^* \cdot \eta$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone Sanitär

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,7 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,991	0,997	0,999	0,999	0,999	0,999	0,998	0,980
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	8	15	15	16	16	14	16	136
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.830
$Q_{h,b,RE}$	kWh	162	304	436	537	534	460	433	3.515
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1	3	11	16	16	13	10	73
Q_T	kWh	22	38	54	67	66	57	54	448
Q_V	kWh	163	288	410	504	502	433	409	3.383
Q_S^*	kWh	1	-	-	-	-	-	0	21
Q_I^*	kWh	19	20	20	20	20	18	20	233

7.3 Zone Verkehrsfläche

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,905	0,986	0,999	1,000	0,999	0,999	0,991	0,854
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,866	0,980	0,999	1,000	0,999	0,999	0,987	0,805
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	63	103	100	103	103	93	103	1.192
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.148
$Q_{h,b,RE}$	kWh	272	837	1.454	1.821	1.746	1.511	1.238	9.949

$Q_{h,b,WE}$	kWh	10	177	436	580	545	466	332	2.633
Q_T	kWh	642	1.139	1.620	1.991	1.981	1.709	1.614	13.358
Q_V	kWh	176	312	444	546	543	468	442	3.661
Q_S^*	kWh	515	412	153	110	199	170	443	4.534
Q_I^*	kWh	21	34	51	66	63	52	45	401

7.4 Zone Büro

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 1,7 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,951	0,961	0,986	0,991	0,991	0,989	0,978	0,853
$\eta_{source,WE}$		0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,893
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	13	21	20	21	21	19	21	204
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.542
$Q_{h,b,RE}$	kWh	31	136	228	291	290	246	211	1.591
$Q_{h,b,WE}$	kWh	2	23	51	69	67	55	41	314
Q_T	kWh	80	142	202	248	247	213	201	1.665
Q_V	kWh	64	114	162	199	198	171	161	1.334
Q_S^*	kWh	48	27	12	7	11	16	39	503
Q_I^*	kWh	63	70	76	85	80	69	72	736

7.5 Summe Heizwärmebedarf

	Q_T kWh/a	Q_V kWh/a	Q_S^* kWh/a	Q_I^* kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m²a)
Klassenzimmer	47.269	47.311	11.475	19.387	65.649	90,5
Sanitär	448	3.383	21	234	3.587	203,0
Verkehrsfläche	13.358	3.661	4.534	401	12.582	108,3
Büro	1.665	1.334	503	736	1.905	79,7
	62.740	55.689	16.533	20.758	83.723	94,8

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

Betrachtungsmonat Januar, $\theta_e = 1,0 \text{ °C}$

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP,Jan}$ °C
Sanitär	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9

Zone <2> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 265 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbefeuchter / Dampfbefeuchter

rec.% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte

θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{mech,m}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
Sanitär	265	276	0,00	0,07	20

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Sanitär	20	20	20	20	20	18	20	240
	20	20	20	20	20	18	20	240

$V_{mech,m}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen

$t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = $\text{h/Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im Regelbetrieb}$

$PV, SUP / PV, ETA$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (15), mit Dachoberlichtern (1)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach GEG '20, §25 vereinfacht mit $I_V = 0.9$ angenommen

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	CTL %
1 2 FF N-W	N-W 1	300	60,1	23,9	gut	93
2 4 FF N-O	N-O 1	300	30,1	12,0	gut	93
3 7 FF S-O	S-O 1	300	30,1	12,0	gut	90
4 11 FF S-W	S-W 1	300	30,1	12,0	gut	90
5 12 FF N-O	N-O 1	300	54,3	21,6	gut	93
7 16 FF S-O	S-O 1	300	60,4	24,0	gut	90
8 17 FF S-W	S-W 1	300	30,2	12,0	gut	90
9 18 FF N-W	N-W 1	300	30,2	12,0	gut	93
10 20 FF N-O	N-O 1	300	3,5	1,4	gut	93
11 21 FF N-O	N-O 1	300	43,7	17,4	gut	93
12 2 FF N-O	N-O 3	100	19,7	7,2	gut	90
13 8 FF S-W	S-W 3	100	43,4	16,0	gut	88
14 10 FF S-W	S-W 3	100	46,7	17,2	gut	88
15 12 FF S-W	S-W 3	100	6,3	2,3	gut	88
16 4 FF N-O	N-O 4	500	18,2	7,2	gut	82

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	CTL %
6 13 FF N	1	300	86,4	9,0	gering	86

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
Klassenzimmer	726	459	267
Sanitär	18	-	18
Verkehrsfläche	116	116	0
Büro	24	18	6

A_{TL} = tageslichtversorgte Fläche = $\alpha_{TL} \cdot b_{TL}$, bei Dachoberlichtern manueller Ansatz

mit α_{TL} = Tiefe des Tageslichtbereichs = $2.5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$, max. Raumtiefe, h_{St} = Sturzhöhe der Rohbauöffnungen, h_{Ne} = Höhe der Nutzebene über dem Fußboden, und b_{TL} = Breite des Tageslichtbereichs

A_{RB} = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)

Tageslichtquotient $DR_b = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot IV; 0]$ (Gl.30),

bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot A_{RB} / A_{TL} \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19

CTL = Tageslichtversorgungsfaktor = $c_{TL,Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (Gl.31)

CTL bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich				CTL	CTL, kon	FTL						
						Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	2	FF	N-W	1	93	73	42	34	28	24	21	20
2	4	FF	N-O	1	93	73	42	34	28	24	21	20
3	7	FF	S-O	1	90	73	44	36	30	26	24	23
4	11	FF	S-W	1	90	73	44	36	30	26	24	23
5	12	FF	N-O	1	93	73	42	34	28	24	21	20

6	13	FF	N	1	86	65	59	49	41	35	32	31
7	16	FF	S-O	1	90	73	44	36	30	26	24	23
8	17	FF	S-W	1	90	73	44	36	30	26	24	23
9	18	FF	N-W	1	93	73	42	34	28	24	21	20
10	20	FF	N-O	1	93	73	42	34	28	24	21	20
11	21	FF	N-O	1	93	73	42	34	28	24	21	20
12	2	FF	N-O	3	90	55	58	52	47	44	42	42
13	8	FF	S-W	3	88	55	59	53	48	46	44	43
14	10	FF	S-W	3	88	55	59	53	48	46	44	43
15	12	FF	S-W	3	88	55	59	53	48	46	44	43
16	4	FF	N-O	4	82	75	48	41	35	31	29	28

Kontrollsystem(e): autark nicht ausschaltend, manuell (REF)

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

F_{TL} = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39

$F_{TL} = \max[1 - v_{Monat} * CTL * CTL_{kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (4)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	P_j W/m ²	$f_{Prä}$ m ²	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 Klassenzimmer	1	300	1-1-2	7,8	0,88	48	1225	0	389
2 Sanitär	2	200	1-1-2	8,9	0,55	0	1399	114	20
3 Verkehrsfläche	3	100	1-1-2	4,5	0,24	31	610	50	18
4 Büro	4	500	1-1-2	17,3	0,85	79	2162	176	49

476

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, $A_{KL} = 883 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: Zonen 2/3/, Konstantlichtregelung: Zonen 4/

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
Klassenzimmer	293	326	345	390	350	292	300	3.678
Sanitär	20	20	20	20	20	18	20	238
Verkehrsfläche	15	17	18	20	18	15	15	187
Büro	29	32	34	39	35	29	30	366
	357	396	417	470	423	354	365	4.469

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} * E_m * k_{WF} * k_A * k_L * k_{VB}$ W/m² (Gl.11)

mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Raumart.

$t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit

t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10

$Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j * [ATL * (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL * (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)

$Q_{l,f} = \sum F_{t,n} * \sum Q_{l,b} = Q_{l,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

.....

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q _{sink}	Q _{source}	γ	c _{wirk}	τ	η
Klassenzimmer	96	172	1,790	50,000	27,23	0,535
Sanitär	4	1	0,268	50,000	15,83	1,000
Verkehrsfläche	14	25	1,874	50,000	30,95	0,492
Büro	3	7	2,615	50,000	32,80	0,383

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{C,b} (Raumklima)								
Klassenzimmer	2	2	2	5	45	223	635	3.423
Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
Verkehrsfläche	-	-	-	2	32	100	184	859
Büro	0	0	0	1	5	24	54	244

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme Q_{C,b}

$Q_{C,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{source}$ mit $Q_{source} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{source}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,C} = \theta_{i,C,soll} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung Q_{C,max}

Q_{C,max} nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	t _{c,op,d} h/d	Q _{C,max, Juli} kW	Q _{C,max, Sept} kW	techn. gekühlt
Klassenzimmer	9	25,1	16,3	nein
Sanitär	13	0,1	-0,2	nein
Verkehrsfläche	13	5,9	5,4	nein
Büro	13	0,9	0,3	nein
		32,0	21,8	

$Q_{C,max} = 0.8 \cdot (Q_{source} - Q_{sink}) \cdot (1 + 0.3 \cdot \exp(-\tau/120)) - c_{wirk}/60 \cdot (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 \cdot (12 / t_{c,d} - 1)$ (T2, C.1)

mit t_{c,op,d} = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und Δθ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

Für die Referenzberechnung werden in den Zonen "208 Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)" (1) "216 WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden" (2) "219 Verkehrsflächen" (3) "201 Einzelbüro" (4) nur 50% des Nutzenergiebedarfs angerechnet (GEG A2)

Monat	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
Klassenzimmer	nicht relevant			-
Sanitär	vernachlässigt			- b
Verkehrsfläche	nicht relevant			-
Büro	nicht relevant			-

$Q_{w,b} = q_{w,b} \cdot d_{mth} \cdot d_{nutz} / 365 \cdot \text{Menge}$ [kWh/Monat] (DIN V 18599-10)

b) Beträgt der tägliche Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser weniger als 0,2 kWh je Person und Tag bzw. weniger als 0,2 kWh je Beschäftigte und Tag (entspricht etwa 5 l je Person und Tag bzw. 5 l je Beschäftigte und Tag bei einer Warmwassertemperatur von 45°C) darf der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser vernachlässigt werden. Dies ist z.B. der Fall bei Bürogebäuden oder Schulen mit einzelnen Trinkwarmwasser-Zapfstellen (Handwaschbecken, Teeküche, Getränkeausgabe, Putzraum).

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

nach T2, Anhang B, Bemessungsmonat = Januar mit $\theta_{i,h,min}$ zonenbezogen und $\theta_{e,min} = -12^\circ\text{C}$

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m ³ /h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
Klassenzimmer	17,2	12,7	0	0,0	29,9
Sanitär	0,2	0,8	0	0,0	1,0
Verkehrsfläche	4,7	0,6	0	0,0	5,4
Büro	0,6	0,3	0	0,0	0,9

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

$Q_{V,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Lüftungswärmeverluste aus Infiltration und Fensterlüftung

$V_{mech} = n_{mech,ZUL} \cdot V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

$Q_{V,mech} = 0,34 \cdot V_{mech} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_v)$ = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max}$ = Heizleistung (T2 Gl.B.1)

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 statische Zentralheizung (REF)	100%	1/3/4/	80.136	36,1	39,8
2					

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b, <1>}$	kWh	2.174	6.620	11.485	14.675	14.342	12.222	10.348	80.136

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ nach T2, maximale Heizleistung $\Phi_{h,max}$ (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung $Q_{N,h}$ nach T5, 5.4

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone Verkehrsfläche

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <3>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.148
$t_{h,rL,d} <3>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <3>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	231
$t_{h,rL} <3>$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.484

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} * (24 - t_{h,op,day})$ (T5 Gl.24) mit

$t_{h,op,day}$ = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und $f_{L,NA}$ = Laufzeitfaktor

$d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)

$t_{h,rL} = t_{h,rL,day} * d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Laufzeit

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (12,7%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	2.174	6.620	11.485	14.675	14.342	12.222	10.348	80.136
$Q_{h,ce}$	kWh	616	1.094	1.291	1.387	1.362	1.216	1.206	10.177
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	2.790	7.714	12.777	16.062	15.704	13.438	11.554	90.313

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ (nach T2), Regel- und WE-Betrieb

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (monatlich, Gl.34)

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce}$ (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem, Raumtemperaturregelung, Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

13.5 Heizwärmeverteilung

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 3
Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 846,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
= 3,80 m, 2 Geschosse, $L_{char} = 27,7 \text{ m}$.

Vor- / Rücklauf-temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 45 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<3>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 16 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren f_{hydr} , Abgleich = 1,00, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 1,00$

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) statische Zentralheizung (REF '20)			
Leitungslängen l_i	197,5 m	83,6 m	56,9 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung
 $Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)								
$\beta_{h,d}$	0,11	0,29	0,49	0,60	0,58	0,55	0,43	
$\theta_{VL,av}$ °C	27,1	34,0	40,7	43,9	43,5	42,6	38,7	
$\theta_{RL,av}$ °C	25,3	30,2	34,9	37,2	36,9	36,2	33,5	
$Q_{h,d}$ kWh	201	366	628	842	827	695	583	4.629
$W_{h,d}$ kWh	17	24	31	37	36	32	30	259
$Q_{I,h,d}$ kWh	60	133	248	340	333	278	226	1.828

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 5,1 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 2,0 \%$

Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3

Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,rL,i}/1000$ [kWh] (Gl.52)

$Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)

mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$ kWh	2.991	8.079	13.405	16.904	16.531	14.133	12.137	94.942

$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d}$ in [kWh]

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungsärmepumpen

nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeezeuger

Heizbereiche (1)

(1) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 1/3/4 ($A_{NGF} = 866 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeezeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 39,8 \text{ kW}$ (Erdgas)

Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ °C}$, außerhalb der thermischen Hülle

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,\text{Jan}} = 0,00 \text{ h/d}$

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,956$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,046$ (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0092 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 3,76 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,91 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,24 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,264 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,088 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW]}, \text{ Gl.181 } (d_{h,rB} > 1)$

$\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$

$Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeezeugung [kWh/m]}, \text{ Gl.178}$

$Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeezeugung}$

$W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$

$Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeezeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	2.991	8.079	13.405	16.904	16.531	14.133	12.137	94.942
$\beta_{h,1}$		0,28	0,66	0,87	0,92	0,90	0,89	0,78	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	158	594	1.179	1.600	1.551	1.297	1.014	8.054
$Q_{h,f}$	kWh	3.149	8.673	14.584	18.504	18.082	15.430	13.151	102.995
$W_{h,gen}$	kWh	29	61	94	117	114	98	87	723

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	3.149	8.673	14.584	18.504	18.082	15.430	13.151	102.995
W_h	kWh	46	86	126	153	151	130	117	981
Erdgas	kWh	3.140	8.664	14.599	18.504	18.100	15.414	13.138	102.962

$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	1,7	3,6	6,9	9,2	9,0	8,3	6,1
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,3	0,6	1,1	1,5	1,4	1,3	1,0
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2

$Q_{H,f}$ = Endenergiebedarf Heizung = $Q_{H,b} + Q_{H,ce} + Q_{H,d} + Q_{H,s} + Q_{H,g} - Q_{H,sol}$ (Gl.4)

W_H = Hilfsenergiebedarf = $W_{H,ce} + W_{H,d} + W_{H,s} + W_{H,gen}$ (Gl.6)

$Q_{I,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge = $Q_{I,h,d} + Q_{I,h,s} + Q_{I,h,g}$ (Gl.7)

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Erdgas	Heizwärme	1/3/4/	102.962	1,10	1,11	102.034
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/	4.469	1,80	1,00	8.044
Strom-Mix	Hilfsenergie		1.222	1,80	1,00	2.199
Σ [kWh/Jahr]			108.652			112.277

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 112.277 / 883 = 127,1$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 883$ m²)

Endenergie (Heizwert) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 1,4 kWh/(m²a), Erdgas 116,6 kWh/(m²a), Strom-Mix 5,1 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
Erdgas	102.962	240	24.711	
Strom-Mix	4.469	560	2.503	
Strom-Mix	1.222	560	684	
108.653			27.897	31,6

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

RLT Beleucht. Klima Warmwasser Heizung Summe

siehe Abschnitt Zone	m ²	9 kWh/a	10 kWh/a	11 kWh/a	12 kWh/a	13 kWh/a	kWh/a
Klassenzimmer	726	–	3.678	–	–	84.377	88.056
Sanitär	18	–	238	–	–	–	238
Verkehrsfläche	116	–	187	–	–	16.169	16.356
Büro	24	–	366	–	–	2.452	2.818
Gebäude	883	–	4.469	–	–	102.995	107.464

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	0,3	5,1	0,0	0,0	90,7	96,0
Endenergiebedarf	0,3	5,1	0,0	0,0	117,7	123,0
Primärenergiebedarf	0,5	9,1	0,0	0,0	117,5	127,1

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

15.0 Primärenergie-Referenzwert

vorh $q_P = 127,1 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

K GEG-Berechnung Erweiterungsneubau Mensa

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: SZ Coesfeld GEG

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

DIN V 18599:2018 - Energetische Bewertung von Gebäuden (WG / NWG)

DIN V 4108-2:2013, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN EN ISO 6946:2018, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

Gebäudeberechnung "Gebäude"

Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Klimadaten für den Gebäudestandort "4 Potsdam (Deutschland)" aus TRY-Datensätzen

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = 1,0 \text{ °C}$

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
Mensa	212 Kantine	250	19,4	17,1	364	2006
Verkehr	219 Verkehrsfläc	250	19,9	17,2	70	363
Kueche	214 Küchen in Ni	300	20,0	18,6	102	359
Nebenflaeche	218 Nebenflächen	250	20,2	17,6	21	68
Buero	201 Einzelbüro	250	19,8	17,0	4	20
Technik	220 Lager, Techn	250	20,9	20,7	125	301
Sanitaer	216 WC und Sanit	250	19,8	17,0	2	6
					687	3.124

Gebäude, $A_{NGF} = 687,2 \text{ m}^2$, $n_G = 1$ Geschosse

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr \Rightarrow Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb

ANGF = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

$\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabenkung

ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2
Begrenzung der U-Werte (U_{max}-Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W / (m ² K)	F _x	Anmerkungen	H _T W/K
Dämmwerk-Flächenimport						
Bezeichnung						
Mensa						
1 FD	1:0	26,5	0,17	1,00 FD	02 50	4,6
2 FD	1:0	312,8	0,17	1,00 FD	02 50	54,4
3 FF N	1:0	9,0	2,00	1,00 FF	72 50 02	18,0
4 FF S-O	1:0	74,3	1,20	1,00 FF	75 50 02	89,2
5 FF S-W	1:0	208,5	1,20	1,00 FF	75 50 02	250,2
6 FF N-W	1:0	74,3	1,20	1,00 FF	75 50 02	89,2
7 FG	1:0	148,2	0,40	0,35 FG	74 50 25 14	20,5
8 FG	1:0	219,3	0,40	0,35 FG	50 25 14	30,4
9 FAWT N-W	1:0	4,3	1,50	1,00 FAW	74 02 50	6,4
10 FAWT S-O	1:0	4,3	1,50	1,00 FAW	74 02 50	6,4
11 FAWT S-W	1:0	8,5	1,50	1,00 FAW	74 02 50	12,8
Verkehr						
1 FAW N-W	2:0	34,5	0,23	1,00 FAW	02 50	7,9
2 FD	2:0	12,4	0,17	1,00 FD	02 50	2,2
3 FAW S-W	2:0	7,7	0,23	1,00 FAW	02 50	1,8
4 FAW N-O	2:0	2,2	0,23	1,00 FAW	02 50	0,5
5 FAW N-O	2:0	15,0	0,23	1,00 FAW	02 50	3,4
6 FD	2:0	45,3	0,17	1,00 FD	02 50	7,9
7 FG	2:0	5,5	0,40	0,35 FG	74 50 25 14	0,8
8 FAW N-O	2:0	8,4	0,23	1,00 FAW	02 50	1,9
9 FG	2:0	81,1	0,40	0,35 FG	50 25 14	11,2
10 FF N-W	2:0	14,4	1,20	1,00 FF	75 50 02	17,3
11 FAWT N-W	2:0	5,1	1,50	1,00 FAW	74 02 50	7,7
12 FAW S-O	2:0	24,0	0,23	1,00 FAW	74 02 50	5,5
13 FAWT S-O	2:0	4,2	1,50	1,00 FAW	74 02 50	6,4
Kueche						
1 FD	7:0	29,4	0,17	1,00 FD	02 50	5,1
2 FAW N-O	7:0	3,2	0,23	1,00 FAW	02 50	0,7
3 FG	7:0	95,2	0,40	0,35 FG	50 25 14	13,2
4 FG	7:0	16,8	0,40	0,35 FG	74 50 25 14	2,3
Nebenflaeche						
1 FD	3:0	4,0	0,17	1,00 FD	02 50	0,7
2 FG	3:0	10,4	0,40	0,35 FG	50 25 14	1,4

3 FG	3:0	14,7	0,40	0,35 FG	74 50 25 14	2,0
Buero						
1 FAW S-O	4:0	8,1	0,23	1,00 FAW	02 50	1,9
2 FD	4:0	5,2	0,17	1,00 FD	02 50	0,9
3 FG	4:0	5,2	0,40	0,35 FG	74 50 25 14	0,7
4 FF S-O	4:0	1,4	1,10	1,00 FF	50 02	1,6
Technik						
1 FAW N-O	5:0	49,7	0,23	1,00 FAW	02 50	11,4
2 FF N-O	5:0	3,5	1,10	1,00 FF	50 02	3,9
3 FAW N-O	5:0	2,5	0,23	1,00 FAW	02 50	0,6
4 FAW S-O	5:0	13,2	0,23	1,00 FAW	02 50	3,0
5 FF S-O	5:0	4,1	1,10	1,00 FF	50 02	4,6
6 FAW S-W	5:0	1,8	0,23	1,00 FAW	02 50	0,4
7 FD	5:0	150,7	0,17	1,00 FD	02 50	26,2
Sanitaer						
1 FG	6:0	3,1	0,40	0,35 FG	50 25 14	0,4

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 1.772,1$$

$$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 737,7$$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 603,00 / 51,00 = 11,82 \text{ m}$
keine weiteren Bodenplatten

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x -Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 F_x -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.
- 72 Lichtkuppel
- 75 Vorhangfassade
- 74 Die Hüllfläche wird im mittleren U-Wert nach Hüllflächengruppen (Abs.5.2.3) nicht berücksichtigt.

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 177,2 \text{ W/K}$ (24,0 %), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,S}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
Mensa	640	51	0	691	0	0
Verkehr	88	12	0	100	0	0
Kueche	4	3	0	7	0	0
Nebenflaeche	6	1	0	7	0	0
Buero	73	0	0	73	0	0
Technik	0	0	0	0	0	0
Sanitaer	20	16	0	36	0	0
	832	83		915		

$$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A = \text{Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken}$$

$H_{T,s} = \sum F_x \cdot A_j \cdot U_j$ = Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ L_s -Wert aus der Bauteilberechnung

$H_{T,iu} = \sum F_x \cdot A_j \cdot U_j$ = Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich

$H_{T,iz} = \sum A_j \cdot U_j$ = Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 914,6 / 1.772,1 = \mathbf{0,52 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

	opake Bauteile [W/(m ² K)]	Fenster [W/(m ² K)]	Vorhangf. [W/(m ² K)]	Oberfl. [W/(m ² K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,28	1,50	1,50	2,50
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,19	1,10	1,20	2,00

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 2,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 2,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} - 20,0\%$

2.4 Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert W/(m ² K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m ²	H _T W/K
Dach (M-H1)	0,17		586 33 %	102 14 %
Bodenplatte (M-H2)	0,40		600 34 %	83 11 %
Fenster (M-T2)	1,10		9 1 %	10 1 %
Lichtkuppel (M-T4)	2,00		9 1 %	18 2 %
Außenwand (M-V1)	0,23		157 9 %	36 5 %
Fenstertüren (M-T3)	1,50	83 %	26 1 %	40 5 %
Fassade (M-T1)	1,20		372 21 %	446 60 %
V25-FAW-Aussenw-Mensa (M-V)	0,23		13 1 %	3 0 %
			1772 100 %	738 100 %

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

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, Grenzwert nach GEG §26 für Dichtheitsprüfung mit RLT-Anlage, $n_{50} = 1,50 \text{ h}^{-1}$

Nettolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \sum A / V = 2,5 \cdot 1772 / 3124 = 1,42 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

$e_{wind} = 0,07 f_{wind} = 15 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Luftwechsel Fenster Lüftungsanlage

Zone	ALD	n ₅₀ h ⁻¹	V _A m ³ / (m ² h)	n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	n _{win} h ⁻¹	n _{m,ZUL} h ⁻¹	t _{v,m} h/d
Mensa	-	1,36	18,00	3,27	0,10	0,10	3,27	9
Verkehr	-	1,79	0,00	0,00	0,13	0,10	-	-
Kueche	-	0,20	90,00	25,52	0,01	0,10	25,55	15
Nebenflaeche	-	0,74	0,15	0,05	0,05	0,10	0,05	13
Buero	-	27,72	4,00	0,72	1,94	0,10	-	-
Technik	-	0,03	0,15	0,06	0,00	0,10	-	-
Sanitaer	-	65,73	15,00	5,37	3,24	1,83	-	13

⇒ WE-Betrieb ...

Mensa	0,00	0,00	0,10	0,10
Verkehr	0,00	0,00	0,13	0,10
Kueche	0,00	0,00	0,01	0,10
Nebenflaeche	0,00	0,00	0,05	0,10
Buero	0,00	0,00	1,94	0,23
Technik	0,00	0,00	0,00	0,10
Sanitaer	0,00	0,00	4,60	0,48

Zone <1> RLT-Anlage (204) mit V_{SUP}/ETA = 6558 / 6558 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <3> RLT-Anlage (204) mit V_{SUP}/ETA = 9172 / 9172 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <4> RLT-Anlage (204) mit V_{SUP}/ETA = 3 / 3 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <7> RLT-Anlage (000) mit V_{SUP}/ETA = 0 / 30 m³/h, nutzungsabhängig

n₅₀ = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = V_A * ANGF / V während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = n₅₀ * e_{wind} * f_{ATD} mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

n_{inf} = n₅₀ * e_{wind} * f_{ATD} * (1 + (1 - f_e) * t_{v,m} / 24) mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = n_{win,min} + Δn_{win} * t_{nutz} / 24, mit RLT = n_{win,min} + Δn_{win,m} * t_{v,m} / 24
mit n_{win,min} = 0.1, in Wohngebäuden n_{win,min} = saisonal nach Gl.77

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 5 /

Δn_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) * n_{inf} - 0.1 (ohne RLT), falls n_{nutz} > 1.2 ⇒ Δn_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1

n_{mech} = n_{mech,ZUL} = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden

Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)

Volumenströme V_{mech} und V* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m ³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
Mensa	2.006	0	65	68	133	836	18,0
Verkehr	363	0	15	12	28	0	
Kueche	359	0	2	12	14	1951	18,0
Nebenflaeche	68	0	1	2	4	1	18,0
Buero	20	0	13	1	14	0	
Technik	301	0	0	10	10	0	
Sanitaer	6	0	6	3	9	0	2,9

0 103 109 212 2788

⇒ WE-Betrieb ...

Mensa	0	65	68	133
Verkehr	0	15	12	28
Kueche	0	2	12	14
Nebenflaeche	0	1	2	4
Buero	0	13	2	15
Technik	0	0	10	10
Sanitaer	0	9	1	9

0 105 108 213

 $H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet

 $H_V = \text{Wärmetransferkoeffizient Lüftung} = n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,\text{win,ohne RLT}} = f_{\text{win,seasonal}} \cdot H_{V,\text{win}} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,\text{win}} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)

 $\Sigma H_V = H_{V,z,\text{Jan}} + H_{V,\text{inf}} + H_{V,\text{win}}$, Transferkoeffizienten ohne RLT

 ϑ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"

Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f

Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	A_g m ²	$I_{S,\text{Jan/Jul}}$ W/m ²	$g_{\text{eff,Jan/Jul}}$ %	$Q_{S,\text{Jan/Jul}}$ kWh/d
3 FF N	1	6,30	29/ 210	7/ 7 7104f	0,3/ 2,1
4 FF S-O	1	52,03	50/ 132	6/ 6 "	3,6/ 9,6
5 FF S-W	1	145,96	40/ 120	6/ 6 "	8,1/ 24,5
6 FF N-W	1	52,03	11/ 95	6/ 6 "	0,8/ 6,9
10 FF N-W	2	10,08	11/ 95	22/ 22 7100	0,6/ 5,0
4 FF S-O	4	1,00	50/ 132	22/ 22 "	0,3/ 0,7
2 FF N-O	5	2,46	11/ 112	22/ 22 "	0,1/ 1,4
5 FF S-O	5	2,90	50/ 132	22/ 22 "	0,8/ 2,0
		272,80			15/ 52

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

 $Q_S = \text{Strahlungsgewinn pro Tag} = A \cdot F_F \cdot g_{\text{eff}} \cdot I_S \cdot t$ mit $g_{\text{eff}} = f(F_S, F_w, g_{\perp})$ (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7104: aus dem Bauteilbezug, Außenjalousie 45° grau

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig

Berechnung von g_{tot} , 13363-Werten nach EN 13363-1 mit $\tau_{e,B}$ und $\rho_{e,B}$ nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern $G1 = 5$, $G2 = 10$ und $G3 = 30$
 $g_{\text{eff}} = F_S \cdot F_w \cdot F_V \cdot g_{\text{tot}}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

 g_{tot} = g-Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.8, ohne Sonnenschutz gilt $g_{\text{tot}} = g_{\perp}$)

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

 $g_{\text{eff}} = F_w \cdot F_V \cdot (a \cdot g_{\text{tot}} + (1-a) \cdot g_{\perp})$ bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert g_{eff} ist maßgebend

 a_{Wi} / a_{So} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	α	h_r W/(m ² K)	$I_{S,\text{Jul}}$ W/m ²	$Q_{S,\text{Jul}}$ kWh/d
1 FD	- 1	26,5	0,17	0,50	4,50	210	0,3
2 FD	- 1	312,8	0,17	0,50	4,50	210	3,1

9 FAWT N-W	NW	1	4,3	1,50	0,50	4,50	95	0,2
10 FAWT S-O	SO	1	4,3	1,50	0,50	4,50	132	0,3
11 FAWT S-W	SW	1	8,5	1,50	0,50	4,50	120	0,5
1 FAW N-W	NW	2	34,5	0,23	0,50	4,50	95	0,2
2 FD	-	2	12,4	0,17	0,50	4,50	210	0,1
3 FAW S-W	SW	2	7,7	0,23	0,50	4,50	120	0,1
4 FAW N-O	NO	2	2,2	0,23	0,50	4,50	112	0,0
5 FAW N-O	NO	2	15,0	0,23	0,50	4,50	112	0,1
6 FD	-	2	45,3	0,17	0,50	4,50	210	0,5
8 FAW N-O	NO	2	8,4	0,23	0,50	4,50	112	0,1
11 FAWT N-W	NW	2	5,1	1,50	0,50	4,50	95	0,2
12 FAW S-O	SO	2	24,0	0,23	0,50	4,50	132	0,2
13 FAWT S-O	SO	2	4,2	1,50	0,50	4,50	132	0,3
1 FD	-	7	29,4	0,17	0,50	4,50	210	0,3
2 FAW N-O	NO	7	3,2	0,23	0,50	4,50	112	0,0
1 FD	-	3	4,0	0,17	0,50	4,50	210	0,0
1 FAW S-O	SO	4	8,1	0,23	0,50	4,50	132	0,1
2 FD	-	4	5,2	0,17	0,50	4,50	210	0,1
1 FAW N-O	NO	5	49,7	0,23	0,50	4,50	112	0,4
3 FAW N-O	NO	5	2,5	0,23	0,50	4,50	112	0,0
4 FAW S-O	SO	5	13,2	0,23	0,50	4,50	132	0,1
6 FAW S-W	SW	5	1,8	0,23	0,50	4,50	120	0,0
7 FD	-	5	150,7	0,17	0,50	4,50	210	1,5

783,0

8,5

$$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t \quad (\text{DIN V 18599-2, Gl.117})$$

 α = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.9), abhängig von der Bauteiloberfläche

 I_S = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m²]

 F_f = Formfaktor zwischen Bauteil und Himmel (bis 45° Neigung = 1, über 45° = 0.50)

 h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 * Emissionsgrad = 5 * 0.8 = 4 W/(m²K)

 $\Delta\vartheta_{er}$ = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel (10 °K)

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
Mensa	1.054	799	298	212	400	340	844	10.909
Verkehr	81	46	21	11	18	27	62	996
Kueche	-	-	-	-	-	-	-	-
Nebenflaeche	17	15	5	4	8	6	15	183
Buero	71	54	20	14	28	25	59	796
Technik	-	-	-	-	-	-	-	-
Sanitaer	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
Mensa	50	11	-	-	0	-	18	737
Verkehr	20	9	-	-	1	-	10	298
Kueche	0	-	-	-	-	-	0	7
Nebenflaeche	2	1	-	-	0	-	1	26
Buero	18	2	-	-	0	-	5	326
Technik	-	-	-	-	-	-	-	-
Sanitaer	3	-	-	-	-	-	1	51
	1.316	938	343	241	456	398	1.015	14.329

5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)

Zone	A_B m ²	$q_{I,p}$ kWh/d	$q_{I,fac}$ kWh/d	$Q_{I,g}$ kWh/d	Q_I kWh/d
Mensa	372	65,0	3,7	0,0	68,8
Verkehr	59	-	-	0,0	0,0
Kueche	104	5,8	187,9	0,0	193,8
Nebenflaeche	38	-	-	0,0	0,0
Buero	5	0,1	0,2	0,0	0,4
Technik	169	-	-	0,0	0,0
Sanitaer	9	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
Mensa		-	-	0,0	0,0
Verkehr		-	-	0,0	0,0
Kueche		-	-	0,0	0,0
Nebenflaeche		-	-	0,0	0,0
Buero		-	-	0,0	0,0
Technik		-	-	0,0	0,0
Sanitaer		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	$Q_{I,L}$ kWh/d	$Q_{I,h}$ kWh/d	$Q_{I,w}$ kWh/d	$Q_{I,rv}$ kWh/d
Mensa	0,0	2,8	8,9	0,0	0,0
Verkehr	0,0	0,2	1,7	0,0	0,0
Kueche	0,0	9,6	2,5	0,0	0,0
Nebenflaeche	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0
Buero	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Technik	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Sanitaer	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

$q_{I,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

$q_{I,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

$Q_{I,g}$ = $Q_{I,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)

$Q_{I,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

$Q_{I,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

$Q_{I,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

$Q_{I,rv}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

Q_{source} im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V,mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
Mensa	691	133	836	411	94	0,229
Verkehr	100	28	0	62	3	0,044
Kueche	7	14	1951	107	206	1,932

Nebenflaeche	7	4	1	6	1	0,168
Buero	73	14	0	39	1	0,037
Technik	0	10	0	6	0	0,023
Sanitaer	36	9	0	21	0	0,010

Zone	C _{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
Mensa	50	1660	10,97	1,69	0,935	0,999
Verkehr	50	128	27,29	2,71	1,000	1,000
Kueche	50	1972	2,58	1,16	0,365	1,000
Nebenflaeche	50	11	92,88	6,80	1,000	1,000
Buero	50	87	2,10	1,13	0,977	0,982
Technik	50	11	572,61	36,79	1,000	1,000
Sanitaer	50	45	2,17	1,14	0,995	0,999

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, $H_{T,iz}$ siehe Q_{sink}

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

$\Sigma H_{V,mech}$ = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

Q_{sink} = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone

Q_{source} = Summe der solaren und internen Wärmequellen in der Gebäudezone

$\gamma = Q_{source} / Q_{sink}$ = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

C_{wirk} = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche

τ = Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit H = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung

$a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = numerischer Parameter

η = Ausnutzungsgrad = $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$, bei $\gamma=1$ gilt $\eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	19,4	19,5	19,7	20,1	20,5	20,7	20,8	20,8	20,5	20,1	19,7	19,4
$T_{i,2}$	°C	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,3}$	°C	20,0	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,2	20,0
$T_{i,4}$	°C	20,2	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,2
$T_{i,5}$	°C	19,8	19,9	20,0	20,3	20,6	20,7	20,9	20,9	20,6	20,3	20,0	19,8
$T_{i,6}$	°C	20,9	20,9	20,9	20,9	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	20,9	20,9	20,9
$T_{i,7}$	°C	19,8	19,9	20,0	20,3	20,6	20,7	20,9	20,9	20,6	20,3	20,0	19,8
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	17,1	17,3	17,9	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
$T_{i,2}$	°C	17,2	17,3	17,9	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i,3}$	°C	18,6	18,7	19,0	19,6	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,6	18,9	18,5

T _{i, 4} °C	17,6	17,8	18,3	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,9	19,1	18,1	17,6
T _{i, 5} °C	17,0	17,2	17,8	18,6	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,6	17,0
T _{i, 6} °C	20,7	20,7	20,7	20,8	20,9	20,9	21,0	21,0	20,9	20,8	20,7	20,7
T _{i, 7} °C	17,0	17,2	17,8	18,6	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,6	17,0

7.1 Zone Mensa

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

Monatliche Heizzeiten t_h nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".

Der Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb $\Delta Q_{C,b,WE}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,4$ °C und $Q_I = 68,8$ kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,727	0,868	0,927	0,940	0,935	0,933	0,903	0,745
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,943	0,990	0,999	0,999	0,999	0,999	0,994	0,896
$\Delta Q_{C,b,WE}$ kWh		202	323	312	323	323	292	323	3.113
t_h h		720	744	720	744	744	672	744	8.760
$Q_{h,b,RE}$ kWh		1.515	3.774	5.691	7.004	6.861	5.937	5.355	40.801
$Q_{h,b,WE}$ kWh		469	1.196	2.107	2.689	2.611	2.240	1.899	14.711
Q_T kWh		2.954	5.239	7.451	9.157	9.111	7.859	7.425	61.441
Q_V kWh		1.014	1.863	2.130	2.375	2.370	2.096	2.168	15.369
Q_S^* kWh		877	734	283	204	382	325	803	8.318
Q_I^* kWh		1.106	1.411	1.557	1.710	1.685	1.494	1.537	14.661

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne im Regel- / WE-Betrieb

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb ($t_{\text{nutz}} < 365$)

monatliche Heizzeit t_h nach Anhang D, Transmissionsverluste Q_T und Lüftungsverluste Q_V

solare Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$ und interne Wärmegewinne $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$

Heizwärmebedarf $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* \cdot \eta - Q_I^* \cdot \eta$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone Verkehr

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,991	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,952
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,988	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,928
$\Delta Q_{C,b,WE}$ kWh		38	62	60	62	62	56	62	586
t_h h		720	744	720	744	744	672	744	8.137
$Q_{h,b,RE}$ kWh		357	720	1.038	1.270	1.255	1.077	989	7.899
$Q_{h,b,WE}$ kWh		86	198	328	418	411	349	303	2.335
Q_T kWh		437	776	1.103	1.356	1.349	1.164	1.100	9.099
Q_V kWh		121	215	306	375	374	322	305	2.520

Q_{S^*}	kWh	100	55	21	11	19	27	72	1.162
Q_{I^*}	kWh	16	26	44	59	58	49	41	352

7.3 Zone Kueche

Regelbetrieb (82,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 193,8 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (17,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,6 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,278	0,393	0,379	0,365	0,365	0,368	0,380	0,258
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	16	28	40	49	49	42	40	330
t_h	h	402	612	592	612	612	552	612	4.966
$Q_{h,b,RE}$	kWh	342	917	843	797	805	746	893	6.253
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_T	kWh	32	57	81	100	99	85	81	668
Q_V	kWh	1.711	2.910	2.683	2.618	2.623	2.408	2.801	17.822
Q_{S^*}	kWh	0	-	-	-	-	-	0	2
Q_{I^*}	kWh	1.401	2.051	1.921	1.921	1.918	1.748	1.988	15.806

7.4 Zone Nebenflaeche

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,6 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,987
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,979
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	13	18	18	18	18	17	18	164
t_h	h	493	510	720	744	744	672	744	6.123
$Q_{h,b,RE}$	kWh	28	60	89	106	102	90	81	647
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	13	20	18	15	9	76
Q_T	kWh	31	56	79	97	97	83	79	653
Q_V	kWh	16	28	40	49	48	42	40	327
Q_{S^*}	kWh	20	16	5	4	8	6	16	204
Q_{I^*}	kWh	5	8	13	18	17	14	12	103

7.5 Zone Buero

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,8 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,4 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,836	0,932	0,978	0,984	0,977	0,976	0,947	0,831

$\eta_{\text{source, WE}}$		0,835	0,937	0,985	0,991	0,982	0,982	0,949	0,827
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	2	3	3	3	3	3	3	29
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.152
$Q_{h, b, RE}$	kWh	212	441	679	843	825	708	630	5.056
$Q_{h, b, WE}$	kWh	81	171	268	334	326	279	246	1.970
Q_T	kWh	314	557	792	974	969	836	790	6.536
Q_V	kWh	62	110	157	193	192	165	156	1.293
Q_{S^*}	kWh	75	53	19	13	28	24	60	816
Q_{I^*}	kWh	8	10	12	13	12	11	11	110

7.6 Zone Technik

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 20,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 20,7^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{\text{source, WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	6	10	15	19	19	16	15	125
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.760
$Q_{h, b, RE}$	kWh	39	71	102	126	126	108	102	832
$Q_{h, b, WE}$	kWh	10	18	26	32	31	27	26	213
Q_T	kWh	2	4	5	6	6	6	5	43
Q_V	kWh	50	88	126	155	154	133	125	1.038
Q_{S^*}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_{I^*}	kWh	3	3	3	3	3	3	3	35

7.7 Zone Sanitaer

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 19,8^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 17,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,977	0,992	0,994	0,995	0,995	0,995	0,993	0,967
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,990	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,980
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	1	2	2	2	2	2	2	16
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.760
$Q_{h, b, RE}$	kWh	137	249	356	438	435	375	352	2.884
$Q_{h, b, WE}$	kWh	53	96	139	171	170	146	136	1.121
Q_T	kWh	155	275	391	481	478	412	390	3.225
Q_V	kWh	41	73	103	127	126	109	103	853
Q_{S^*}	kWh	3	-	-	-	-	-	1	48
Q_{I^*}	kWh	3	4	4	5	5	4	4	46

7.8 Summe Heizwärmebedarf

	Q_T kWh/a	Q_V kWh/a	Q_S^* kWh/a	Q_I^* kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m ² a)
Mensa	61.441	15.369	8.318	14.661	55.513	152,3
Verkehr	9.099	2.520	1.162	352	10.234	146,3
Kueche	668	17.822	2	15.806	6.253	61,4
Nebenflaeche	653	327	204	103	723	34,9
Buero	6.536	1.293	816	111	7.026	1924,9
Technik	44	1.038	-	35	1.046	8,4
Sanitaer	3.225	853	48	46	4.004	2032,6
	81.665	39.220	10.550	31.114	84.798	123,4

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

Betrachtungsmonat Januar, $\theta_e = 1,0$ °C

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
Mensa	-	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	18,0
Kueche	-	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	18,0
Nebenflaeche	-	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	18,0
Sanitaer	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9

Zone <1> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 6558 / 6558$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <3> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 9172 / 9172$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <4> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 3 / 3$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <7> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 30$ m³/h, nutzungsabhängig

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz}$ (Nutzungsrandbedingung)

RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbefeuchter / Dampfbefeuchter

rec.% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte

θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{mech, m}$ m ³ /h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
Mensa	6558	191	2,82	2,82	1.078
Kueche	9172	382	3,94	3,94	3.015
Nebenflaeche	3	276	0,00	0,00	1
Sanitaer	30	276	0,00	0,01	3

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Mensa	1.043	1.078	1.043	1.078	1.078	973	1.078	12.689

Kueche	2.918	3.015	2.918	3.015	3.015	2.723	3.015	35.498
Nebenflaeche	1	1	1	1	1	0	1	6
Sanitaer	3	3	3	3	3	2	3	32
	3.964	4.096	3.964	4.096	4.096	3.699	4.096	48.226

$V_{\text{mech,m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen

$t_v \cdot d_v$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im Regelbetrieb

$P_{V,SUP} / P_{V,ETA}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren

W_v = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

	θ_{HC} °C	$q_{H,12h}$ Wh/m ³	f_H	q_H Wh/m ³	$Q_{V,H}$ kWh	$A_{K,A}$ m ²
Mensa	19,4	143	0,98	72	472	0,0
Kueche	19,4	143	1,02	150	1.374	0,0
Nebenflaeche	19,4	143	1,01	107	0	0,0

Indizierungen (i) für die Bilanzgrößen: H = Heizen, C = Kühlen, St = Befeuchten

θ_{HC} = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)

$q_{i,12h} / q_i$ = Kennwerte für den Nutzenergiebedarf = F(Anlage-No, Bilanzgröße, Monat) nach Anhang A

f_i = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37

$Q_{V,i}$ = monatlicher Nutzenergiebedarf für die Bilanzgröße i

$A_{K,A}$ = Oberfläche der Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

Zone Mensa

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$ kWh	56	125	304	469	472	370	277	2.328
$t_{h*,op}$ h	18	19	18	19	19	17	19	187
$Q_{h*,b}$ kWh	62	138	334	516	519	407	305	2.560
	62	138	334	516	519	407	305	2.560

Zone Kueche

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$ kWh	154	365	884	1.365	1.374	1.077	807	6.719
$t_{h*,op}$ h	37	38	37	38	38	35	38	374
$Q_{h*,b}$ kWh	169	402	973	1.501	1.512	1.184	888	7.390
	231	540	1.307	2.017	2.031	1.591	1.193	9.951

Zone Nebenflaeche

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$ kWh	0	0	0	0	0	0	0	2
$t_{h*,op}$ h	27	28	27	28	28	25	28	270
$Q_{h*,b}$ kWh	0	0	0	0	0	0	0	2

	231	540	1.307	2.017	2.032	1.591	1.193	9.952
Nutzwärmebedarf $Q_{V,H}$ nach Heizbereichen [kWh]								
	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 freie Heizflä	231	540	1.307	2.017	2.032	1.591	1.193	9.952
	231	540	1.307	2.017	2.032	1.591	1.193	9.952

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

mit $Q_{V,H}$ = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung, $t_{h*,op}$ = Bedarfszeit der Heizregister und $Q_{h*,b}$ = Nutzwärmebedarf der Heizregister

$t_{h*,op} = t_{H,r} * t_{V,mech} * d_{V,mech} * b_{bv,mth} / b_{vh,a}$ max. $t_{V,mech} * d_{V,mech,m}$ (DIN V 18599-7, Gl.4)

$Q_{h*,b}$ nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)

Leitungsverluste mit $A_{K,A}$ und $f_{vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (6), mit Dachoberlichtern (1)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach GEG '20, §25 vereinfacht mit $I_V = 0.9$ angenommen

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	ATL m^2	ARB m^2	Tageslicht	CTL %
1 2 FF S-O	S-O 1	200	71,0	30,0	gut	90
2 4 FF S-W	S-W 1	200	68,0	50,0	gut	92
3 6 FF N-W	N-W 1	200	56,1	30,0	gut	94
4 8 FF S-W	S-W 1	200	46,8	25,0	gut	91
5 9 FF S-W	S-W 1	200	46,8	25,0	gut	91
7 3 FF S-O	S-O 5	500	5,0	2,6	gut	87

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	ATL m^2	ARB m^2	Tageslicht	CTL %
6 11 FF N	1	200	68,4	9,4	mittel	92

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	ATL [m ²]	A _{KTL} [m ²]
Mensa	364	357	7
Verkehr	70	-	70
Kueche	102	-	102
Nebenflaeche	21	-	21
Buero	4	5	-1
Technik	125	-	125
Sanitaer	2	-	2

A_{TL} = tageslichtversorgte Fläche = $\alpha_{TL} \cdot b_{TL}$, bei Dachoberlichtern manueller Ansatz

mit α_{TL} = Tiefe des Tageslichtbereichs = $2.5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$, max. Raumtiefe, h_{St} = Sturzhöhe der Rohbauöffnungen, h_{Ne} = Höhe der Nutzebene über dem Fußboden, und b_{TL} = Breite des Tageslichtbereichs

A_{RB} = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)

Tageslichtquotient $DR_b = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_v; 0]$ (Gl.30),

bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot A_{RB} / A_{TL} \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19

c_{TL} = Tageslichtversorgungsfaktor = $c_{TL,Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (Gl.31)

c_{TL} bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich	CTL	CTL _{kon}	FTL	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
				%	%	%	%	%	%
1 2 FF S-O	1	90	60	54	48	43	40	37	37
2 4 FF S-W	1	92	60	53	46	41	38	36	35
3 6 FF N-W	1	94	60	52	45	40	37	35	34
4 8 FF S-W	1	91	60	53	47	42	39	36	36
5 9 FF S-W	1	91	60	53	47	42	39	36	36
6 11 FF N	1	92	55	63	53	46	41	38	37
7 3 FF S-O	5	87	57	58	52	47	44	42	42

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

FTL = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39

$FTL = \max[1 - v_{Monat} \cdot CTL \cdot CTL_{kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (7)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen lx	P_j W/m ²	$f_{Prä}$ m ²	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{1,b}$ kWh/m
1 Mensa	1	200	9-1-1	1,9	1,00	82	1750	0	60
2 Verkehr	2	100	9-1-1	1,5	0,24	0	610	50	5
3 Kueche	3	500	9-1-1	7,1	1,00	0	2411	1489	246
4 Nebenflaeche	4	100	9-1-1	1,1	0,14	0	369	30	1
5 Buero	5	500	9-1-1	6,1	0,85	106	2162	176	4
6 Technik	6	100	9-1-1	1,1	0,07	0	175	14	3
7 Sanitaer	7	200	9-1-1	3,0	0,55	0	1399	114	3

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 756 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: Zonen 2/7/, Konstantlichtregelung: nein

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
Mensa	46	54	60	70	60	48	48	596
Verkehr	5	5	5	5	5	5	5	60
Kueche	238	246	238	246	246	222	246	2.895
Nebenflaeche	1	1	1	1	1	1	1	17
Buero	2	2	3	3	3	2	2	27
Technik	3	3	3	3	3	3	3	35
Sanitaer	3	3	3	3	3	3	3	40
	299	315	313	332	321	284	309	3.670

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB} \text{ W/m}^2$ (Gl.11)

mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Raumart.

$t_T, t_{TL} / t_T, t_{KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit

t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10

$Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [ATL \cdot (t_{Tag, TL} + t_{Nacht}) + AKTL \cdot (t_{Tag, KTL} + t_{eff, Nacht})]$ (Gl.2)

$Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{l,e} = \text{Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)}$

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
Mensa	59	118	1,988	50,000	10,97	0,449
Verkehr	9	7	0,750	50,000	27,29	0,823
Kueche	2	203	135,600	50,000	2,58	0,007
Nebenflaeche	1	1	1,125	50,000	92,88	0,801
Buero	6	6	0,968	50,000	2,10	0,543
Technik	1	0	0,125	50,000	572,61	1,000
Sanitaer	3	1	0,152	50,000	2,17	0,902

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{c,b}$ (Raumklima)								
Mensa	20	25	24	59	185	509	1.063	5.848
Verkehr	-	-	-	-	1	4	13	54
Kueche	1.809	1.809	1.643	1.856	2.257	4.126	5.691	40.433
Nebenflaeche	-	-	-	-	-	0	1	7
Buero	0	1	1	3	17	31	47	210
Technik	-	-	-	-	-	-	-	-

Sanitaer - - - - 0 0 1 3

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$ mit $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,\text{soll}} - 2\text{K}$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,\text{max}}$

$Q_{c,\text{max}}$ nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	$t_{c, \text{op}, d}$ h/d	$Q_{c, \text{max}, \text{Juli}}$ kW	$Q_{c, \text{max}, \text{Sept}}$ kW	techn. gekühlt
Mensa	9	21,3	15,1	nein
Verkehr	13	1,7	0,6	nein
Kueche	15	14,5	10,7	nein
Nebenflaeche	13	0,1	0,1	nein
Buero	13	1,4	0,6	nein
Technik	13	-0,1	-0,1	nein
Sanitaer	13	0,0	-0,1	nein
		38,9	26,9	

$Q_{c,\text{max}} = 0.8 \cdot (Q_{\text{source}} - Q_{\text{sink}}) \cdot (1 + 0.3 \cdot \text{EXP}(-\tau/120) - c_{\text{wirk}}/60 \cdot (\Delta\theta - 2) + c_{\text{wirk}}/40 \cdot (12 / t_{c-1})$ (T2, C.1)

mit $t_{c,\text{op},d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, \text{Jan}}$ kWh/M
Mensa	nicht relevant			-
Verkehr	nicht relevant			-
Kueche	vernachlässigt			- b
Nebenflaeche	nicht relevant			-
Buero	nicht relevant			-
Technik	nicht relevant			-
Sanitaer	vernachlässigt			- b

$Q_{w,b} = q_{w,b} \cdot d_{\text{mth}} \cdot d_{\text{nutz}}/365 \cdot \text{Menge}$ [kWh/Monat] (DIN V 18599-10)

b) Beträgt der tägliche Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser weniger als 0,2 kWh je Person und Tag bzw. weniger als 0,2 kWh je Beschäftigte und Tag (entspricht etwa 5 l je Person und Tag bzw. 5 l je Beschäftigte und Tag bei einer Warmwassertemperatur von 45°C) darf der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser vernachlässigt werden. Dies ist z.B. der Fall bei Bürogebäuden oder Schulen mit einzelnen Trinkwarmwasser-Zapfstellen (Handwaschbecken, Teeküche, Getränkeausgabe, Putzraum).

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

nach T2, Anhang B, Bemessungsmonat = Januar mit $\theta_{i,h,min}$ zonenbezogen und $\theta_{e,min} = -12^\circ\text{C}$

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m ³ /h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
Mensa	22,1	2,1	6560	17,8	42,1
Verkehr	3,2	0,4	0	0,0	3,7
Kueche	0,2	0,2	9182	25,0	25,4
Nebenflaeche	0,2	0,1	3	0,0	0,3
Buero	2,3	0,2	0	0,0	2,5
Technik	0,0	0,2	0	0,0	0,2
Sanitaer	1,1	0,2	0	0,0	1,3

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

$Q_{V,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Lüftungswärmeverluste aus Infiltration und Fensterlüftung

$V_{mech} = n_{mech,ZUL} \cdot V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

$Q_{V,mech} = 0.34 \cdot V_{mech} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_V)$ = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + 0.5 \cdot Q_{V,max} + Q_{V,mech}$ = erforderliche Heizleistung in der Gebäudezone (T2 Gl.B.4)

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr	*		93.705	75,3	78,2
2					
* = 1/2/3/4/5/7/					

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

RLT-Heizregister im Heizbereich $\Rightarrow Q_{h,b} = Q_{h,b} + Q_{h^*,b}$ enthält Nutzwärmebedarf für das Heizregister Übergabe- und Verteilungsverluste für $Q_{h^*,b}$ siehe "RLT-Systeme"

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	3.281	7.821	11.551	14.090	13.819	11.961	10.894	83.753
$Q_{h^*,b}, <1>$	kWh	231	540	1.307	2.017	2.032	1.591	1.193	9.952

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ nach T2, maximale Heizleistung $\Phi_{h,max}$ (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung $Q_{N,h}$ nach T5, 5.4

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone Mensa

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_{h, <1>}$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.760
$t_{h,rL,d, <1>}$	h/d	9	9	13	15	15	15	13	
$d_{h,rB, <1>}$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	277
$t_{h,rL, <1>}$	h/m	187	217	317	400	398	341	315	3.152

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2
 $t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} \cdot (24 - t_{h,op,day})$ (T5 Gl.24) mit
 $t_{h,op,day}$ = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und $f_{L,NA}$ = Laufzeitfaktor
 $d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)
 $t_{h,rL} = t_{h,rL,day} \cdot d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Laufzeit

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr
 hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
 nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (13,5%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe nicht relevant / bereits enthalten
 (0,0 Watt)

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	3.281	7.821	11.551	14.090	13.819	11.961	10.894	83.753
$Q_{h,ce}$	kWh	956	1.327	1.334	1.368	1.349	1.222	1.305	11.274
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	4.236	9.149	12.885	15.459	15.168	13.184	12.199	95.026

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ (nach T2), Regel- und WE-Betrieb, ohne RLT-Wärmebedarf

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (monatlich, Gl.34)

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce}$ (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem, Raumtemperaturregelung, Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

13.5 Heizwärmeverteilung

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
 Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr
 System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 3
 Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 586,6 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
 = 5,65 m, 1 Geschosse, $L_{char} = 31,0 \text{ m}$.
 Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\vartheta_{VA} = 55^\circ\text{C} / \vartheta_{RA} = 45^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 21,0^\circ\text{C}$
 Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 17 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren $f_{hydr. Abgleich} = 1,00$, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 1,00$

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
--	----------------	-------------	---------------

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Leitungslängen l_i	306,2 m	86,2 m	37,0 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung $Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr								
$\beta_{h,d}$	0,08	0,16	0,24	0,28	0,27	0,26	0,22	
$\theta_{VL,av}$ °C	25,8	29,4	32,3	33,6	33,4	33,1	31,5	
$\theta_{RL,av}$ °C	24,4	27,0	28,9	29,9	29,8	29,5	28,4	
$Q_{h,d}$ kWh	88	165	311	436	428	356	292	2.397
$W_{h,d}$ kWh	26	32	36	39	39	34	35	361
$Q_{I,h,d}$ kWh	88	165	311	436	428	356	292	2.397

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 2,5 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 2,5 \%$
Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3

Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,RL,i}/1000$ [kWh] (Gl.52)

$Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)

mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$ kWh	4.556	9.853	14.504	17.912	17.628	15.131	13.684	107.376

$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d}$ in [kWh]

$Q_{h,out}^*$ = Nutzwärmebedarf mit RLT-Wärmebedarf

Die Erzeugerverluste $Q_{h,g}$ im sommerlichen Heizbetrieb (nur $Q_{h^*,b}$) können mangels rechnerischer Laufzeiten für die Erzeuger derzeit nicht bestimmt werden.

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Wärmepumpe 2, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 100,0 kW

Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 4,8 bei A7/W35, zeitweiser Kombibetrieb TWW + Hzg

Die Leistungszahlen (COP) werden für die mittleren, monatlichen Vorlauftemperaturen $\theta_{VL}(\beta_h)$

(Gl.14) und stundenanteilig für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert,

Parallelbetrieb bei $\theta_e < \theta_{Bivalenz}$ (-2°C)

Stundensummen in den Temperaturklassen nach DIN V 18599-5, Tab.31

COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol}$ = Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich

Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"

COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich, t_{ON} = tägliche Laufzeit

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf der WP, $Q_{h,f,bu}$ = Nutz- / Endenergiebedarf der Nachheizung

$Q_{h,in}$ = regenerativer Energieertrag (Gl.149), $W_{h,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf

Wärmepumpe 2, Jahresarbeitszahl $_{Hzg}$ = 2,40

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	4.556	9.853	14.504	17.912	17.628	15.131	13.684	107.376
COP		3,68	3,12	2,56	2,23	2,26	2,30	2,63	
$t_{ON,g,d}$	h/d	1,4	3,3	5,4	6,8	6,6	6,4	5,0	
$Q_{h,f}$	kWh	1.460	3.417	5.930	8.135	7.831	6.756	5.518	43.929
$Q_{h,f,bu}$	kWh	-	-	89	481	809	289	80	1.753
$Q_{h,f,sum}$	kWh	1.460	3.417	6.019	8.617	8.641	7.044	5.598	45.683
$Q_{h,in}$	kWh	3.096	6.437	8.485	9.296	8.987	8.087	8.086	61.693

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/7 ($A_{NGF} = 563 \text{ m}^2$)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	1.460	3.417	6.019	8.617	8.641	7.044	5.598	45.683
W_h	kWh	26	32	36	39	39	35	36	362
Strom-Mix	kWh	1.460	3.417	6.019	8.617	8.641	7.044	5.598	45.683
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	1,9	3,4	6,7	9,1	8,9	8,2	6,1	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,4	0,7	1,3	1,7	1,7	1,6	1,2	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,5	1,0	1,9	2,5	2,5	2,3	1,7	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	

$Q_{I,h,<7>}$ kWh/d 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf Heizung = $Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s} + Q_{h,g} - Q_{h,sol}$ (Gl.4)

W_h = Hilfsenergiebedarf = $W_{h,ce} + W_{h,d} + W_{h,s} + W_{h,gen}$ (Gl.6)

$Q_{I,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge = $Q_{I,h,d} + Q_{I,h,s} + Q_{I,h,g}$ (Gl.7)

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Heizwärme	*	45.683	1,80	1,00	82.229
Strom-Mix	Beleuchtung	**	3.670	1,80	1,00	6.606
Strom-Mix	Hilfsenergie		48.588	1,80	1,00	87.458
Σ [kWh/Jahr]			97.940			176.293

* = 1/2/3/4/5/7/

** = 1/2/3/4/5/6/7/

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 176.293 / 687 = 256,6$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 687$ m²)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 70,7 kWh/(m²a), Strom-Mix 71,8 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
Strom-Mix	45.683	560	25.582	
Strom-Mix	3.670	560	2.055	
Strom-Mix	48.588	560	27.209	
97.941			54.846	79,8

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt Zone	m ²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
Mensa	364	–	596	–	–	30.279	30.875
Verkehr	70	–	60	–	–	5.579	5.639
Kueche	102	–	2.895	–	–	3.411	6.306
Nebenflaeche	21	–	17	–	–	393	411
Buero	4	–	27	–	–	3.886	3.913
Technik	125	–	35	–	–	–	35
Sanitaer	2	–	39	–	–	2.151	2.191
Gebäude	687	–	3.670	–	–	45.679	49.348

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	70,2	5,3	0,0	0,0	136,4	211,9
Endenergiebedarf	70,2	5,3	0,0	0,0	67,0	142,5
Primärenergiebedarf	126,3	9,6	0,0	0,0	120,6	256,6

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

15.0 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude

Referenzberechnung = "Gebäude-ReferenzGEG"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte"

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18

zul $q_{P,REF} = 353,7 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, aus der Referenzberechnung

zul $q_P = 353,7 - 25\% = 265,3 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18

vorh $q_P = 176.293 / 687,1 = 256,6 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

vorh $q_P = 256,6 \leq 265,3 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis über die Nutzungsanteile für erneuerbare Energien

(detaillierter Nachweis siehe Abs. 17)

Die Anforderungen aus dem Gebäudeenergiegesetz 2020, §§ 34 ff **werden erfüllt**

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

17.1 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG 2011 / 2014

Nachweis für öffentlich genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = $45683 + 0 + 61693 + 0 = 107.376 \text{ kWh/Jahr}$ (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil erzielt	Deckungsanteil gefordert	Nutzungs- anteil
Umweltenergie [Hzg-WP]	105.623	98,4 %	50,0 %	196,8 %
				196,8 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Nachweis über die kleinste U-Wert-Unterschreitung nach Abs. 2.3

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs- anteil
				erzielt	gefordert	
U-Werte	W/(m²K)	2,50	2,00	20,0 %	30,0 %	21,9 %
QP	kWh/(m²a)	265,3	256,6	3,3 %	15,0 %	

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 218,7 % \geq Nutzungspflichtanteil = 100 %

Die Anforderungen aus dem EEWärmeG 2011 / 2014 **werden erfüllt**

L Referenzberechnung Erweiterungsneubau Mensa

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: SZ Coesfeld - Mensa - monovalente WP GEG

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

DIN V 18599:2018 - Energetische Bewertung von Gebäuden (WG / NWG)

DIN V 4108-2:2013, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN EN ISO 6946:2018, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

Gebäudeberechnung "Gebäude-ReferenzGEG"

Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Klimadaten für den Gebäudestandort "4 Potsdam (Deutschland)" aus TRY-Datensätzen

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = 1,0 \text{ °C}$

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_N m ²	V_i m ³
Mensa	212 Kantine	250	19,4	17,1	364	2006
Verkehr	219 Verkehrsfläch	250	20,0	17,2	70	363
Kueche	214 Küchen in Ni	300	20,0	18,7	102	359
Nebenflaeche	218 Nebenflächen	250	20,2	17,7	21	68
Buero	201 Einzelbüro	250	19,8	17,0	4	20
Technik	220 Lager, Techn	250	20,9	20,7	125	301
Sanitaer	216 WC und Sanit	250	19,8	17,0	2	6
					687	3.124

Gebäude, $A_N = 687,2 \text{ m}^2$, $n_G = 1$ Geschosse

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr \Rightarrow Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

$\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabenkung

ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

Begrenzung der U-Werte (U_{max}-Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	F _X	Anmerkungen	H _T W/K
Dämmwerk-Flächenimport						
Bezeichnung						
Mensa						
1 FD	1:0	26,5	0,20	1,00 FD	51 02	5,3
2 FD	1:0	312,8	0,20	1,00 FD	51 02	62,6
3 FF N	1:0	9,0	2,00	1,00 FF	72 50 02	18,0
4 FF S-O	1:0	74,3	1,40	1,00 FF	51 75 02	104,1
5 FF S-W	1:0	208,5	1,40	1,00 FF	51 75 02	291,9
6 FF N-W	1:0	74,3	1,40	1,00 FF	51 75 02	104,1
7 FG	1:0	148,2	0,35	0,35 FG	51 74 25 14	18,2
8 FG	1:0	219,3	0,35	0,35 FG	51 25 14	26,9
9 FAWT N-W	1:0	4,3	0,28	1,00 FAW	51 74 02	1,2
10 FAWT S-O	1:0	4,3	0,28	1,00 FAW	51 74 02	1,2
11 FAWT S-W	1:0	8,5	0,28	1,00 FAW	51 74 02	2,4
Verkehr						
1 FAW N-W	2:0	34,5	0,28	1,00 FAW	51 02	9,7
2 FD	2:0	12,4	0,20	1,00 FD	51 02	2,5
3 FAW S-W	2:0	7,7	0,28	1,00 FAW	51 02	2,2
4 FAW N-O	2:0	2,2	0,28	1,00 FAW	51 02	0,6
5 FAW N-O	2:0	15,0	0,28	1,00 FAW	51 02	4,2
6 FD	2:0	45,3	0,20	1,00 FD	51 02	9,1
7 FG	2:0	5,5	0,35	0,35 FG	51 74 25 14	0,7
8 FAW N-O	2:0	8,4	0,28	1,00 FAW	51 02	2,3
9 FG	2:0	81,1	0,35	0,35 FG	51 25 14	9,9
10 FF N-W	2:0	14,4	1,40	1,00 FF	51 75 02	20,2
11 FAWT N-W	2:0	5,1	0,28	1,00 FAW	51 74 02	1,4
12 FAW S-O	2:0	24,0	0,28	1,00 FAW	51 74 02	6,7
13 FAWT S-O	2:0	4,2	0,28	1,00 FAW	51 74 02	1,2
Kueche						
1 FD	7:0	29,4	0,20	1,00 FD	51 02	5,9
2 FAW N-O	7:0	3,2	0,28	1,00 FAW	51 02	0,9
3 FG	7:0	95,2	0,35	0,35 FG	51 25 14	11,7
4 FG	7:0	16,8	0,35	0,35 FG	51 74 25 14	2,1
Nebenflaeche						
1 FD	3:0	4,0	0,20	1,00 FD	51 02	0,8
2 FG	3:0	10,4	0,35	0,35 FG	51 25 14	1,3
3 FG	3:0	14,7	0,35	0,35 FG	51 74 25 14	1,8
Buero						
1 FAW S-O	4:0	8,1	0,28	1,00 FAW	51 02	2,3
2 FD	4:0	5,2	0,20	1,00 FD	51 02	1,0

3 FG	4:0	5,2	0,35	0,35 FG	51 74 25 14	0,6
4 FF S-O	4:0	1,4	1,30	1,00 FF	51 02	1,8
Technik						
1 FAW N-O	5:0	49,7	0,28	1,00 FAW	51 02	13,9
2 FF N-O	5:0	3,5	1,30	1,00 FF	51 02	4,6
3 FAW N-O	5:0	2,5	0,28	1,00 FAW	51 02	0,7
4 FAW S-O	5:0	13,2	0,28	1,00 FAW	51 02	3,7
5 FF S-O	5:0	4,1	1,30	1,00 FF	51 02	5,4
6 FAW S-W	5:0	1,8	0,28	1,00 FAW	51 02	0,5
7 FD	5:0	150,7	0,20	1,00 FD	51 02	30,1
Sanitaer						
1 FG	6:0	3,1	0,35	0,35 FG	51 25 14	0,4

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 1.772,1$$

$$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 795,7$$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 603,00 / 51,00 = 11,82 \text{ m}$
keine weiteren Bodenplatten

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x -Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 F_x -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 72 Lichtkuppel
- 75 Vorhangfassade
- 74 Die Hüllfläche wird im mittleren U-Wert nach Hüllflächengruppen (Abs.5.2.3) nicht berücksichtigt.

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 89,1 \text{ W/K}$ (11,2 %), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
Mensa	646	45	0	691	0	0
Verkehr	73	11	0	84	0	0
Kueche	2	3	0	5	0	0
Nebenflaeche	6	1	0	7	0	0
Buero	70	0	0	70	0	0
Technik	0	0	0	0	0	0
Sanitaer	14	14	0	28	0	0
	811	73		885		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken

$H_{T,s} = \Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ L_s -Wert aus der Bauteilberechnung

$H_{T,iu} = \Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich

$H_{T,iz} = \Sigma A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient
 $H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 884,6 / 1.772,1 = \mathbf{0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

		opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
U _{max}	T _i ≥ 19°C	0,28	1,50	1,50	2,50
U _{max}	T _i < 19°C	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen T _i ≥ 19°C		0,20	1,30	1,40	2,00

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: U = 1,40 W/(m²K) = 1,50 W/(m²K) -6,7%

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, mit RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), n₅₀ = 1,00 h⁻¹
Nettoraumvolumen > 1.500 m³ ⇒ n₅₀ = q₅₀ * Σ A / V = 2*1772 / 3124 = 1,13 (Gl.68)

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
e_{wind} = 0.07 f_{wind} = 15 (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (manuelle, raumweise Steuerung) für die Zonen Mensa

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n ₅₀ h ⁻¹	V _A m³ / (m²h)	Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
				n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	n _{win} h ⁻¹	n _{m,ZUL} h ⁻¹	t _{V,m} h/d
Mensa	-	1,09	18,00	3,27	0,08	0,10	3,27	9
Verkehr	-	1,43	0,00	0,00	0,10	0,10	-	-
Kueche	-	0,16	90,00	25,52	0,01	0,10	25,55	15
Nebenflaeche	-	0,59	0,15	0,05	0,04	0,10	0,05	13
Buero	-	22,17	4,00	0,72	1,55	0,10	-	-
Technik	-	0,02	0,15	0,06	0,00	0,10	-	-
Sanitaer	-	52,58	15,00	5,37	2,38	2,26	-	13

⇒ WE-Betrieb ...

Mensa	0,00	0,00	0,08	0,10
Verkehr	0,00	0,00	0,10	0,10
Kueche	0,00	0,00	0,01	0,10
Nebenflaeche	0,00	0,00	0,04	0,10
Buero	0,00	0,00	1,55	0,20
Technik	0,00	0,00	0,00	0,10
Sanitaer	0,00	0,00	3,68	0,39

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit V_{SUP}/ETA = 6558 / 6558 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit V_{SUP}/ETA = 9172 / 9172 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 3 / 3 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <7> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 30 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot A_{NGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

$n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{V,mech} / 24$
mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 5 /

$\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$

$n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden

Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)

Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m ³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
Mensa	2.006	0	52	68	120	836	18,0
Verkehr	363	0	12	12	25	0	
Kueche	359	0	1	12	14	1951	18,0
Nebenflaeche	68	0	1	2	3	1	18,0
Buero	20	0	11	1	11	0	
Technik	301	0	0	10	10	0	
Sanitaer	6	0	4	4	9	0	2,9
		0	82	110	192	2788	
⇒ WE-Betrieb ...							
Mensa		0	52	68	120		
Verkehr		0	12	12	25		
Kueche		0	1	12	14		
Nebenflaeche		0	1	2	3		
Buero		0	11	1	12		
Technik		0	0	10	10		
Sanitaer		0	7	1	8		
		0	84	107	192		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet

H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$

$H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)

$\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT

θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"

Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f

Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	A _g m ²	I _{S,Jan/Jul} W/m ²	g _{eff,Jan/Jul} %	Q _{S,Jan/Jul} kWh/d
-----------------	------	----------------------------------	--	-------------------------------	---------------------------------

3 FF N	1	7,20	29/ 210	7/ 7	7 7104f	0,3/ 2,4
4 FF S-O	1	52,03	50/ 132	7/ 7	"	4,6/ 12,0
5 FF S-W	1	145,96	40/ 120	7/ 7	"	10,2/ 30,6
6 FF N-W	1	52,03	11/ 95	7/ 7	"	1,0/ 8,6
10 FF N-W	2	10,08	11/ 95	26/ 26	7100	0,7/ 5,9
4 FF S-O	4	1,00	50/ 132	26/ 26	"	0,3/ 0,8
2 FF N-O	5	2,46	11/ 112	26/ 26	"	0,2/ 1,7
5 FF S-O	5	2,90	50/ 132	26/ 26	"	0,9/ 2,3
273,70						18/ 64

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Q_S = Strahlungsgewinn pro Tag = $A \cdot F_F \cdot g_{eff} \cdot I_S \cdot t$ mit $g_{eff} = f(F_S, F_w, g_{\perp})$ (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7104: aus dem Bauteilbezug, Außenjalousie 45° grau

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig

Berechnung von $g_{tot,13363}$ -Werten nach EN 13363-1 mit $\tau_{e,B}$ und $\rho_{e,B}$ nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern $G1 = 5$, $G2 = 10$ und $G3 = 30$

$g_{eff} = F_S \cdot F_w \cdot F_v \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

g_{tot} = g -Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.8, ohne Sonnenschutz gilt $g_{tot} = g_{\perp}$)

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{eff} = F_w \cdot F_v \cdot (a \cdot g_{tot} + (1-a) \cdot g_{\perp})$ bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert g_{eff} ist maßgebend

a_{Wi} / a_{So} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone		A m²	U W/ (m²K)	α	h_r W/ (m²K)	$I_{S,Jul}$ W/m²	$Q_{S,Jul}$ kWh/d
1 FD	-	1	26,5	0,20	0,50	4,50	210	0,3
2 FD	-	1	312,8	0,20	0,50	4,50	210	3,6
9 FAWT N-W	NW	1	4,3	0,28	0,50	4,50	95	0,0
10 FAWT S-O	SO	1	4,3	0,28	0,50	4,50	132	0,0
11 FAWT S-W	SW	1	8,5	0,28	0,50	4,50	120	0,1
1 FAW N-W	NW	2	34,5	0,28	0,50	4,50	95	0,2
2 FD	-	2	12,4	0,20	0,50	4,50	210	0,1
3 FAW S-W	SW	2	7,7	0,28	0,50	4,50	120	0,1
4 FAW N-O	NO	2	2,2	0,28	0,50	4,50	112	0,0
5 FAW N-O	NO	2	15,0	0,28	0,50	4,50	112	0,1
6 FD	-	2	45,3	0,20	0,50	4,50	210	0,5
8 FAW N-O	NO	2	8,4	0,28	0,50	4,50	112	0,1
11 FAWT N-W	NW	2	5,1	0,28	0,50	4,50	95	0,0
12 FAW S-O	SO	2	24,0	0,28	0,50	4,50	132	0,3
13 FAWT S-O	SO	2	4,2	0,28	0,50	4,50	132	0,0
1 FD	-	7	29,4	0,20	0,50	4,50	210	0,3
2 FAW N-O	NO	7	3,2	0,28	0,50	4,50	112	0,0
1 FD	-	3	4,0	0,20	0,50	4,50	210	0,0
1 FAW S-O	SO	4	8,1	0,28	0,50	4,50	132	0,1
2 FD	-	4	5,2	0,20	0,50	4,50	210	0,1
1 FAW N-O	NO	5	49,7	0,28	0,50	4,50	112	0,4
3 FAW N-O	NO	5	2,5	0,28	0,50	4,50	112	0,0
4 FAW S-O	SO	5	13,2	0,28	0,50	4,50	132	0,2
6 FAW S-W	SW	5	1,8	0,28	0,50	4,50	120	0,0
7 FD	-	5	150,7	0,20	0,50	4,50	210	1,7

783,0

8,6

$$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t \quad (\text{DIN V 18599-2, Gl.117})$$

 α = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.9), abhängig von der Bauteiloberfläche

 I_S = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m²]

 F_f = Formfaktor zwischen Bauteil und Himmel (bis 45° Neigung = 1, über 45° = 0.50)

 h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 * Emissionsgrad = 5 * 0.8 = 4 W/(m²K)

 $\Delta\vartheta_{er}$ = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel (10 °K)

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
Mensa	1.313	996	371	265	499	424	1.052	13.589
Verkehr	94	54	24	13	21	31	73	1.162
Kueche	-	-	-	-	-	-	-	-
Nebenflaeche	20	17	6	4	9	7	17	213
Buero	83	64	23	16	33	29	69	929
Technik	-	-	-	-	-	-	-	-
Sanitaer	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
Mensa	40	2	-	-	0	-	9	667
Verkehr	17	7	-	-	1	-	8	267
Kueche	0	-	-	-	-	-	0	8
Nebenflaeche	3	2	-	-	0	-	2	31
Buero	21	3	-	-	0	-	6	380
Technik	-	-	-	-	-	-	-	-
Sanitaer	3	-	-	-	-	-	1	58
	1.595	1.143	424	298	563	491	1.236	17.304

5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)

Zone	A_B m²	$q_{I,p}$ kWh/d	$q_{I,fac}$ kWh/d	$Q_{I,g}$ kWh/d	Q_I kWh/d
Mensa	364	63,8	3,6	0,0	67,4
Verkehr	70	-	-	0,0	0,0
Kueche	102	5,7	183,4	0,0	189,1
Nebenflaeche	21	-	-	0,0	0,0
Buero	4	0,1	0,2	0,0	0,3
Technik	125	-	-	0,0	0,0
Sanitaer	2	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
Mensa	-	-	-	0,0	0,0
Verkehr	-	-	-	0,0	0,0
Kueche	-	-	-	0,0	0,0
Nebenflaeche	-	-	-	0,0	0,0
Buero	-	-	-	0,0	0,0
Technik	-	-	-	0,0	0,0
Sanitaer	-	-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
Mensa	0,0	5,3	3,6	0,0	0,0
Verkehr	0,0	0,7	1,3	0,0	0,0
Kueche	0,0	26,2	1,8	0,0	0,0
Nebenflaeche	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0
Buero	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0
Technik	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Sanitaer	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

q_{I,p} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

q_{I,fac} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

Q_{I,g} = Q_{I,goods} = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)

Q_{I,L} = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

Q_{I,h} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

Q_{I,w} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

Q_{I,rv} = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)
Betrachtungsmonat Januar

Q_{source} im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	Σ H _T W/K	Σ H _V W/K	Σ H _{V,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
Mensa	691	120	836	405	93	0,229
Verkehr	84	25	0	54	3	0,052
Kueche	5	14	1951	106	218	2,059
Nebenflaeche	7	3	1	6	1	0,173
Buero	70	11	0	37	2	0,044
Technik	0	10	0	6	0	0,065
Sanitaer	28	9	0	17	1	0,031

Zone	C _{wirk} Wh / (m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
Mensa	50	1647	11,06	1,69	0,935	0,999
Verkehr	50	108	32,30	3,02	1,000	1,000
Kueche	50	1970	2,59	1,16	0,349	1,000
Nebenflaeche	50	11	97,23	7,08	1,000	1,000
Buero	50	82	2,24	1,14	0,973	0,979
Technik	50	11	577,39	37,09	1,000	1,000
Sanitaer	50	36	2,71	1,17	0,984	0,999

Σ H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu} = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, H_{T,iz} siehe Q_{sink}

Σ H_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

Σ H_{V,mech} = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

Q_{sink} = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone

Q_{source} = Summe der solaren und internen Wärmequellen in der Gebäudezone

γ = Q_{source} / Q_{sink} = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

C_{wirk} = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche

τ = Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit H = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung

$a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = numerischer Parameter

η = Ausnutzungsgrad = $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$, bei $\gamma=1$ gilt $\eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i, 1}$	°C	19,4	19,5	19,7	20,1	20,5	20,7	20,8	20,8	20,5	20,1	19,7	19,4
$T_{i, 2}$	°C	20,0	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i, 3}$	°C	20,0	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,2	20,0
$T_{i, 4}$	°C	20,2	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,2
$T_{i, 5}$	°C	19,8	19,9	20,0	20,3	20,6	20,7	20,9	20,9	20,6	20,3	20,0	19,8
$T_{i, 6}$	°C	20,9	20,9	20,9	20,9	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	20,9	20,9	20,9
$T_{i, 7}$	°C	19,8	19,9	20,0	20,3	20,6	20,7	20,9	20,9	20,6	20,3	20,0	19,8
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	17,1	17,3	17,9	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
$T_{i, 2}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i, 3}$	°C	18,7	18,8	19,1	19,7	20,2	20,5	20,8	20,7	20,2	19,7	19,1	18,7
$T_{i, 4}$	°C	17,7	17,8	18,3	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,9	19,1	18,2	17,6
$T_{i, 5}$	°C	17,0	17,2	17,8	18,6	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,6	17,0
$T_{i, 6}$	°C	20,7	20,7	20,8	20,8	20,9	20,9	21,0	21,0	20,9	20,8	20,7	20,7
$T_{i, 7}$	°C	17,0	17,2	17,8	18,7	19,6	20,1	20,6	20,5	19,7	18,7	17,6	17,0

7.1 Zone Mensa

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

Monatliche Heizzeiten t_h nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".

Der Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb $\Delta Q_{C,b,WE}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,4$ °C und $Q_I = 67,4$ kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}	0,707	0,859	0,926	0,942	0,935	0,934	0,898	0,738
$\eta_{\text{source, WE}}$	0,920	0,986	0,999	1,000	0,999	0,999	0,992	0,873
$\Delta Q_{C,b,WE}$ kWh	202	323	312	323	323	292	323	3.370

t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.233
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.417	3.634	5.595	6.919	6.763	5.857	5.210	40.458
$Q_{h,b,WE}$	kWh	397	1.122	2.073	2.668	2.576	2.208	1.824	14.113
Q_T	kWh	2.952	5.236	7.446	9.151	9.105	7.854	7.421	61.402
Q_V	kWh	958	1.765	1.990	2.204	2.199	1.949	2.029	16.116
Q_S^*	kWh	1.047	897	352	254	477	405	985	9.923
Q_I^*	kWh	1.049	1.361	1.475	1.590	1.550	1.376	1.431	13.791

$\eta_{source} / \eta_{source,WE}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne im Regel- / WE-Betrieb

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb ($t_{nutz} < 365$)

monatliche Heizzeit t_h nach Anhang D, Transmissionsverluste Q_T und Lüftungsverluste Q_V

solare Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$ und interne Wärmegewinne $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$

Heizwärmebedarf $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* \cdot \eta - Q_I^* \cdot \eta$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone Verkehr

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,986	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,939
$\eta_{source,WE}$		0,985	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,907
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	38	62	60	62	62	56	62	664
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.554
$Q_{h,b,RE}$	kWh	276	593	873	1.077	1.062	908	821	6.536
$Q_{h,b,WE}$	kWh	58	153	268	346	339	285	241	1.835
Q_T	kWh	365	647	920	1.130	1.125	970	917	7.584
Q_V	kWh	108	191	272	334	333	287	271	2.243
Q_S^*	kWh	110	60	24	13	22	31	80	1.242
Q_I^*	kWh	28	38	47	54	54	47	46	427

7.3 Zone Kueche

Regelbetrieb (82,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 189,1 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (17,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,7 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,265	0,378	0,363	0,350	0,349	0,353	0,364	0,247
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	14	26	36	45	44	38	36	300
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.667
$Q_{h,b,RE}$	kWh	318	866	796	750	758	703	844	5.950
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_T	kWh	24	43	61	75	75	64	61	503

QV	kWh	1.710	2.908	2.679	2.614	2.619	2.404	2.797	21.425
QS*	kWh	0	-	-	-	-	-	0	2
QI*	kWh	1.415	2.085	1.945	1.939	1.936	1.766	2.014	15.980

7.4 Zone Nebenflaeche

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,7 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,967
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,963
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	12	22	18	18	18	17	18	165
t_h	h	493	510	720	744	744	672	744	5.877
$Q_{h,b,RE}$	kWh	21	56	84	103	98	86	74	587
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	12	19	17	14	7	68
QT	kWh	30	54	76	94	93	81	76	629
QV	kWh	15	26	37	45	45	39	37	306
QS*	kWh	23	19	6	4	10	7	19	232
QI*	kWh	8	11	13	16	15	13	13	119

7.5 Zone Buero

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,8 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,3 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,807	0,919	0,974	0,982	0,973	0,973	0,937	0,807
$\eta_{source,WE}$		0,802	0,923	0,982	0,990	0,979	0,978	0,938	0,802
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	2	3	3	3	3	3	3	29
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.781
$Q_{h,b,RE}$	kWh	190	408	639	795	776	665	584	4.677
$Q_{h,b,WE}$	kWh	72	158	252	315	306	262	226	1.812
QT	kWh	304	538	766	941	936	808	763	6.314
QV	kWh	50	89	127	156	155	134	126	1.045
QS*	kWh	84	61	22	16	32	28	70	906
QI*	kWh	8	11	12	14	12	11	10	107

7.6 Zone Technik

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,7 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
-------	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	5	10	14	17	17	14	14	114
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.741
$Q_{h,b,RE}$	kWh	33	65	95	119	118	101	95	754
$Q_{h,b,WE}$	kWh	11	19	27	33	33	28	27	221
Q_T	kWh	2	3	5	6	6	5	5	38
Q_V	kWh	50	88	125	154	153	132	125	1.034
Q_{S^*}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_{I^*}	kWh	8	8	8	8	8	7	8	97

7.7 Zone Sanitaer

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,8 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,936	0,970	0,981	0,984	0,984	0,983	0,979	0,932
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,987	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,998	0,973
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1	2	2	2	2	2	2	16
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.667
$Q_{h,b,RE}$	kWh	103	193	281	347	344	296	276	2.238
$Q_{h,b,WE}$	kWh	41	75	108	133	132	114	106	867
Q_T	kWh	120	213	303	372	370	319	302	2.496
Q_V	kWh	36	64	91	112	112	96	91	754
Q_{S^*}	kWh	3	-	-	-	-	-	1	53
Q_{I^*}	kWh	9	10	10	11	11	10	11	116

7.8 Summe Heizwärmebedarf

	Q_T kWh/a	Q_V kWh/a	Q_{S^*} kWh/a	Q_{I^*} kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m²a)
Mensa	61.402	16.116	9.923	13.791	54.572	149,8
Verkehr	7.584	2.243	1.242	427	8.371	119,7
Kueche	503	21.425	2	15.980	5.950	58,4
Nebenflaeche	629	306	232	119	655	31,6
Buero	6.314	1.045	906	107	6.489	1777,9
Technik	38	1.034	-	97	976	7,8
Sanitaer	2.496	754	53	116	3.105	1576,1
	78.966	42.923	12.357	30.638	80.117	116,6

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

Betrachtungsmonat Januar, $\theta_e = 1,0 \text{ °C}$

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
Mensa	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Kueche	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Nebenflaeche	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Sanitaer	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 6558 / 6558 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 9172 / 9172 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 3 / 3 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <7> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 0 / 30 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbefeuchter / Dampfbefeuchter

rec.% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte

θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_v \cdot d_v$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_v, Jan kWh
Mensa	6558	191	3,28	2,37	1.079
Kueche	9172	382	4,59	3,31	3.019
Nebenflaeche	3	276	0,00	0,00	1
Sanitaer	30	276	0,00	0,01	2

monatliche Werte W_v [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Mensa	1.044	1.079	1.044	1.079	1.079	975	1.079	12.705
Kueche	2.921	3.019	2.921	3.019	3.019	2.726	3.019	35.543
Nebenflaeche	1	1	1	1	1	1	1	10
Sanitaer	2	2	2	2	2	2	2	26
	3.969	4.101	3.969	4.101	4.101	3.704	4.101	48.283

$V_{\text{mech, m}} = \text{Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert} = \text{Luftwechselzahl} \cdot \text{Luftvolumen}$

$t_v \cdot d_v = \text{monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage} = \text{h/Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im Regelbetrieb}$

$PV, \text{SUP} / PV, \text{ETA} = \text{elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren}$

$W_v = \text{Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)}$

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

	θ_{HC} °C	$q_{\text{H, 12h}}$ Wh/m^3	f_{H}	q_{H} Wh/m^3	$Q_{\text{V, H}}$ kWh	$A_{\text{K, A}}$ m^2
Mensa	19,4	466	0,98	235	1.538	0,0

Kueche	19,4	466	1,02	488	4.479	0,0
Nebenflaeche	19,4	466	1,01	349	1	0,0

Indizierungen (i) für die Bilanzgrößen: H = Heizen, C = Kühlen, St = Befeuchten

θ_{HC} = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)

$q_{i,12h}/q_i$ = Kennwerte für den Nutzenergiebedarf = F(Anlage-No, Bilanzgröße, Monat) nach Anhang A

f_i = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37

$Q_{V,i}$ = monatlicher Nutzenergiebedarf für die Bilanzgröße i

$A_{K,A}$ = Oberfläche der Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

Zone Mensa

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	36	442	987	1.562	1.538	1.245	891	7.927
$t_{h*,op}$	h	18	19	18	19	19	17	19	225
$Q_{h*,b}$	kWh	40	487	1.086	1.718	1.692	1.369	981	8.720
		40	487	1.086	1.718	1.692	1.369	981	8.720

Zone Kueche

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	96	1.288	2.874	4.546	4.479	3.624	2.595	22.866
$t_{h*,op}$	h	37	38	37	38	38	35	38	450
$Q_{h*,b}$	kWh	106	1.417	3.161	5.001	4.927	3.986	2.855	25.153
		146	1.903	4.247	6.719	6.619	5.355	3.835	33.872

Zone Nebenflaeche

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	0	0	1	1	1	1	1	5
$t_{h*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	325
$Q_{h*,b}$	kWh	0	0	1	1	1	1	1	5
		146	1.904	4.248	6.720	6.620	5.356	3.836	33.878

Nutzwärmebedarf $Q_{V,H}$ nach Heizbereichen [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 statische Zen	106	1.417	3.162	5.002	4.928	3.987	2.855	25.158
2 Warmluftheizu	40	487	1.086	1.718	1.692	1.369	981	8.720
	146	1.904	4.248	6.720	6.620	5.356	3.836	33.878

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

mit $Q_{V,H}$ = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung, $t_{h*,op}$ = Bedarfszeit der Heizregister und $Q_{h*,b}$ = Nutzwärmebedarf der Heizregister

$t_{h*,op} = t_{H,r} * t_{V,mech} * dV_{mech} * b_{bv,mth} / b_{vh,a}$ max. $t_{V,mech} * dV_{mech,m}$ (DIN V 18599-7, Gl.4)

$Q_{h*,b}$ nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)

Leitungsverluste mit $A_{K,A}$ und $f_{vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (6), mit Dachoberlichtern (1)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach GEG '20, §25 vereinfacht mit $I_V = 0.9$ angenommen

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 2 FF S-O	S-O 1	200	71,0	30,0	gut	91
2 4 FF S-W	S-W 1	200	68,0	50,0	gut	93
3 6 FF N-W	N-W 1	200	56,1	30,0	gut	93
4 8 FF S-W	S-W 1	200	46,8	25,0	gut	92
5 9 FF S-W	S-W 1	200	46,8	25,0	gut	92
7 3 FF S-O	S-O 5	500	5,0	2,6	gut	88

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
6 11 FF N	1	200	68,4	9,4	mittel	93

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	A_{NGF} [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
Mensa	364	357	7
Verkehr	70	-	70
Kueche	102	-	102
Nebenflaeche	21	-	21
Buero	4	5	-1
Technik	125	-	125
Sanitaer	2	-	2

A_{TL} = tageslichtversorgte Fläche = $\alpha_{TL} \cdot b_{TL}$, bei Dachoberlichtern manueller Ansatz

mit α_{TL} = Tiefe des Tageslichtbereichs = $2.5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$, max. Raumtiefe, h_{St} = Sturzhöhe der Rohbauöffnungen, h_{Ne} = Höhe der Nutzenebene über dem Fußboden, und b_{TL} = Breite des Tageslichtbereichs

A_{RB} = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)

Tageslichtquotient $D_{RB} = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_V; 0]$ (Gl.30),

bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot A_{RB} / A_{TL} \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R =

Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19

C_{TL} = Tageslichtversorgungsfaktor = $c_{TL,Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (Gl.31)

C_{TL} bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich		CTL	CTL, kon	FTL						
				Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	2 FF S-O	1	91	73	43	35	29	25	23	22
2	4 FF S-W	1	93	73	42	34	28	24	21	21
3	6 FF N-W	1	93	73	42	34	28	24	21	20
4	8 FF S-W	1	92	73	43	35	29	25	22	21
5	9 FF S-W	1	92	73	43	35	29	25	22	21
6	11 FF N	1	93	70	52	40	31	25	21	20
7	3 FF S-O	5	88	75	44	36	30	26	23	23

Kontrollsystem(e): autark nicht ausschaltend

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

FTL = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39

FTL = max[1 - v_{Monat} * CTL * CTL_{kon}; 0], Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (7)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	P _j W/m ²	f _{Prä} m ²	t _{T,TL} h/m	t _{T,KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l,b} kWh/m
1 Mensa	1	200	1-1-2	4,7	1,00	60	1750	0	112
2 Verkehr	2	100	1-1-2	4,5	0,24	0	610	50	15
3 Kueche	3	500	1-1-2	19,4	1,00	0	2411	1489	669
4 Nebenflaeche	4	100	1-1-2	3,0	0,14	0	369	30	4
5 Buero	5	500	1-1-2	17,3	0,85	73	2162	176	8
6 Technik	6	100	1-1-2	3,0	0,07	0	175	14	8
7 Sanitaer	7	200	1-1-2	8,9	0,55	0	1399	114	10

826

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, A_{KL} = 756 m²

Präsenzmelder: Zonen 2/4/7/, Konstantlichtregelung: Zonen 1/3/5/

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
Mensa	76	94	113	139	112	83	76	999
Verkehr	14	15	14	15	15	13	15	175
Kueche	648	669	648	669	669	604	669	7.879
Nebenflaeche	4	4	4	4	4	4	4	45
Buero	4	5	5	7	5	4	4	50
Technik	8	8	8	8	8	7	8	97
Sanitaer	10	10	10	10	10	9	10	116
	763	804	801	851	823	724	785	9.360

p_j = elektrische Bewertungsleistung = p_{j,lx} * E_m * k_{WF} * k_A * k_L * k_{VB} W/m² (Gl.11)

mit k_{WF} / k_A / k_L / k_R = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Raumart.

t_{T,TL} / t_{T,KTL} = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit

t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, $t_{\text{Nacht}} / t_{\text{Tag}}$ siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{\text{Tag,TL}} + t_{\text{Nacht}}) + A_{KTL} \cdot (t_{\text{Tag,KTL}} + t_{\text{eff,Nacht}})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
Mensa	58	128	2,196	50,000	11,06	0,416
Verkehr	8	8	1,038	50,000	32,30	0,735
Kueche	1	215	153,857	50,000	2,59	0,006
Nebenflaeche	1	1	1,714	50,000	97,23	0,628
Buero	6	7	1,153	50,000	2,24	0,492
Technik	1	0	0,571	50,000	577,39	1,000
Sanitaer	3	1	0,346	50,000	2,71	0,806

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{c,b}$ (Raumklima)								
Mensa	23	28	27	72	236	634	1.262	6.805
Verkehr	-	-	-	-	1	7	24	98
Kueche	2.141	2.141	1.943	2.185	2.564	4.443	5.992	44.210
Nebenflaeche	-	-	-	-	-	0	3	19
Buero	0	1	1	3	22	40	60	271
Technik	-	-	-	-	-	-	-	-
Sanitaer	0	0	0	0	1	2	3	13

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$ mit $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,soll} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,max}$

$Q_{c,max}$ nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	$t_{c,op,d}$ h/d	$Q_{c,max,Jul}$ kW	$Q_{c,max,Sept}$ kW	techn. gekühlt
Mensa	9	24,0	16,4	nein
Verkehr	13	2,0	0,8	nein
Kueche	15	15,9	9,7	nein
Nebenflaeche	13	0,1	0,1	nein
Buero	13	1,6	0,9	nein
Technik	13	-0,1	-0,1	nein

Sanitaer	13	0,0	-0,1	nein
		43,5	27,7	

$Q_{C,max} = 0.8 \cdot (Q_{source} - Q_{sink}) \cdot (1 + 0.3 \cdot \exp(-\tau/120)) - c_{wirk}/60 \cdot (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 \cdot (12 / t_c - 1) \cdot (T_2, C.1)$
 mit $t_{c,op,d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

Für die Referenzberechnung werden in den Zonen "219 Verkehrsflächen" (2) "218 Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)" (4) "201 Einzelbüro" (5) "220 Lager, Technik, Archiv" (6) "216 WC und Sanitäräume in Nichtwohngebäuden" (7) nur 50% des Nutzenergiebedarfs angerechnet (GEG A2)

Monat	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
Mensa	nicht relevant			-
Verkehr	nicht relevant			-
Kueche	vernachlässigt			- b
Nebenflaeche	nicht relevant			-
Buero	nicht relevant			-
Technik	nicht relevant			-
Sanitaer	vernachlässigt			- b

$Q_{w,b} = q_{w,b} \cdot d_{mth} \cdot d_{nutz}/365 \cdot \text{Menge}$ [kWh/Monat] (DIN V 18599-10)

b) Beträgt der tägliche Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser weniger als 0,2 kWh je Person und Tag bzw. weniger als 0,2 kWh je Beschäftigte und Tag (entspricht etwa 5 l je Person und Tag bzw. 5 l je Beschäftigte und Tag bei einer Warmwassertemperatur von 45°C) darf der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser vernachlässigt werden. Dies ist z.B. der Fall bei Bürogebäuden oder Schulen mit einzelnen Trinkwarmwasser-Zapfstellen (Handwaschbecken, Teeküche, Getränkeausgabe, Putzraum).

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

nach T2, Anhang B, Bemessungsmonat = Januar mit $\theta_{i,h,min}$ zonenbezogen und $\theta_{e,min} = -12^\circ\text{C}$

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
Mensa	22,1	1,9	6560	28,6	52,6
Verkehr	2,7	0,4	0	0,0	3,1
Kueche	0,2	0,2	9182	40,0	40,3
Nebenflaeche	0,2	0,1	3	0,0	0,3
Buero	2,2	0,2	0	0,0	2,4
Technik	0,0	0,2	0	0,0	0,2
Sanitaer	0,9	0,1	0	0,0	1,0

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

$Q_{V,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Lüftungswärmeverluste aus Infiltration und Fensterlüftung

$V_{mech} = n_{mech,ZUL} \cdot V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

$Q_{V,mech} = 0.34 \cdot V_{mech} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_V)$ = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + 0.5 \cdot Q_{V,max} + Q_{V,mech}$ = erforderliche Heizleistung in der Gebäudezone (T2 Gl.B.4)

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 statische Zentralheizung (REF	100% *	49.729	47,2	51,9
2 Warmluftheizung, Luftauslässe	100% 1/	63.291	52,6	58,0
3				
* = 2/3/4/5/7/				

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

<2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Warmluftsystem (Gradient T'_{str}), $\theta_{str} = K/m$

RLT-Heizregister im Heizbereich $\Rightarrow Q_{h,b} = Q_{h,b} + Q_{h^*,b}$ enthält Nutzwärmebedarf für das Heizregister Übergabe- und Verteilungsverluste für $Q_{h^*,b}$ siehe "RLT-Systeme"

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	1.079	2.501	3.313	3.885	3.833	3.332	3.179	24.570
$Q_{h^*,b}, <1>$	kWh	106	1.417	3.162	5.002	4.928	3.987	2.855	25.158
$Q_{h,b}, <2>$	kWh	1.814	4.756	7.668	9.587	9.340	8.064	7.034	54.572
$Q_{h^*,b}, <2>$	kWh	40	487	1.086	1.718	1.692	1.369	981	8.720

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ nach T2, maximale Heizleistung $\Phi_{h,max}$ (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung $Q_{N,h}$ nach T5, 5.4

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone Kueche

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <3>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.667
$t_{h,rL,d} <3>$	h/d	15	15	17	19	19	18	17	
$d_{h,rB} <3>$	d/m	25	27	27	28	28	25	28	312
$t_{h,rL} <3>$	h/m	372	405	467	531	529	466	474	5.110

(2) Bereich "Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)", Leitzone Mensa

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.233
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	9	9	13	15	15	15	13	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	233
$t_{h,rL} <1>$	h/m	187	217	317	400	398	341	315	2.760

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} \cdot (24 - t_{h,op,day})$ (T5 Gl.24) mit

$t_{h,op,day}$ = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und $f_{L,NA}$ = Laufzeitfaktor
 $d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)
 $t_{h,rL} = t_{h,rL,day} * d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Laufzeit

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)
 hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (13,9%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

(2) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)
 hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Warmluftsystem (Gradient T'str),
 $\theta_{str} = K/m$

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = 0,2+0 = 0,20^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (1,5%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

$W_{h,ce} = f_{h,ce,aux} * Q_{h,b}$ (Gl.49 / 51), unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{i,h,ce} = W_{h,ce}$

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<hr/>									
(1) statische Zentralheizung (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	1.079	2.501	3.313	3.885	3.833	3.332	3.179	24.570
$Q_{h,ce}$	kWh	304	411	371	366	362	330	369	3.414
(2) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	1.814	4.756	7.668	9.587	9.340	8.064	7.034	54.572
$Q_{h,ce}$	kWh	59	90	98	103	101	92	94	815
$W_{h,ce}$	kWh	22	57	92	115	112	97	84	655
$Q_{I,h,ce}$	kWh	22	57	92	115	112	97	84	655
<hr/>									
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.256	7.759	11.450	13.941	13.636	11.818	10.676	83.371

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ (nach T2), Regel- und WE-Betrieb, ohne RLT-Wärmebedarf

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (monatlich, Gl.34)

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce}$ (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem, Raumtemperaturregelung, Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

Hilfsenergiebedarf der Wärmeübergabe $W_{h,ce}$ mit den Parametern

P_C = elektrische Nennleistungsaufnahme der Regelungseinrichtungen (Tab.20 oder Herstellerangabe)

P_V / P_P = elektrische Nennleistungsaufnahme der Ventilatoren und Pumpen (Tab.21)

$P_{h,aux}$ = Hilfsenergiebedarf von Erzeugern, Erhitzern und Ventilatoren bei direkter Beheizung ($h_R > 4m$, Gl.49)

13.5 Heizwärmeverteilung

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 3
Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 586,6 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M.
= 5,65 m, 1 Geschosse, $L_{char} = 31,0 \text{ m}$.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 45 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<3>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 17 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren f_{hydr} . Abgleich = 1,00, $f_{Netform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 1,00$

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

(2) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

Verteilung nicht vorgesehen

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) statische Zentralheizung (REF '20)			
Leitungslängen l_i	306,2 m	86,2 m	37,0 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung
 $Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)								
$\beta_{h,d}$	0,04	0,08	0,11	0,12	0,12	0,12	0,10	
$\theta_{VL,av}$ °C	23,9	26,0	27,2	27,7	27,6	27,5	26,8	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,0	24,5	25,3	25,7	25,7	25,6	25,1	
$Q_{h,d}$ kWh	279	371	470	558	553	480	466	3.626
$W_{h,d}$ kWh	17	20	20	22	21	19	21	222
$Q_{I,h,d}$ kWh	40	67	92	112	111	95	89	761

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 4,3 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,9 \%$

Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3

Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,RL,i}/1000$ [kWh] (Gl.52)

$Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)

mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

$Q_{h,out}^*$ kWh 1.768 4.700 7.316 9.810 9.677 8.129 6.869 56.768

(2) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

Monat Sep Okt Nov Dez Jan Feb Mär Jahr

$Q_{h,out}^*$ kWh 1.913 5.333 8.852 11.408 11.133 9.525 8.108 64.106

$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d}$ in [kWh]

$Q_{h,out}^*$ = Nutzwärmebedarf mit RLT-Wärmebedarf

Die Erzeugerverluste $Q_{h,g}$ im sommerlichen Heizbetrieb (nur $Q_{h,b}$) können mangels rechnerischer Laufzeiten für die Erzeuger derzeit nicht bestimmt werden.

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungsärmepumpen

nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeezeuger

Heizbereiche (1) (2)

(1) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 2/3/4/5/7 ($A_{NGF} = 198 \text{ m}^2$)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeezeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 51,9 \text{ kW}$ (Erdgas)

Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ °C}$, außerhalb der thermischen Hülle

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,957$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,047$ (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0082 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 3,65 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,89 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,17 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,299 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,100 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)", Zonen 1 ($A_{NGF} = 364 \text{ m}^2$)

Heizung dezentrale Warmluftheizer, nicht kondensierend mit konstanter Verbrennungsluftmenge

Dezentrale Hallenheizung 50,0 kW, Energieträger Erdgas

Verluste der Wärmeezeugung $Q_{h,gen} = (f_{Hs}/H_i / \eta_{h,gen} - 1) * Q_{h,outg}$ mit $\eta_{h,gen}$ nach Tab.52

$Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeezeugung}$

$W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$

$Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeezeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat Sep Okt Nov Dez Jan Feb Mär Jahr

$Q_{h,outg}$ kWh 1.768 4.700 7.316 9.810 9.677 8.129 6.869 56.768

$\beta_{h,1}$ 0,09 0,22 0,30 0,36 0,35 0,34 0,28

$Q_{h,gen,1}$ kWh 89 216 360 549 538 436 334 2.835

Q _{h,f}	kWh	1.874	4.948	7.712	10.401	10.256	8.602	7.238	59.946
W _{h,gen}	kWh	20	37	51	65	64	54	49	441

(2) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,outg}	kWh	1.913	5.333	8.852	11.408	11.133	9.525	8.108	64.106
Q _{h,gen}	kWh	420	1.172	1.945	2.507	2.447	2.093	1.782	14.089
Q _{h,f}	kWh	2.333	6.505	10.797	13.916	13.580	11.618	9.890	78.195
W _{h,gen}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,f}	kWh	4.207	11.452	18.509	24.317	23.836	20.220	17.128	138.142
W _h	kWh	59	114	163	201	198	171	154	1.318
Erdgas	kWh	4.197	11.462	18.494	24.306	23.816	20.211	17.143	138.146
Q _{I,h,<1>}	kWh/d	0,7	1,8	3,1	3,7	3,6	3,5	2,7	
Q _{I,h,<2>}	kWh/d	0,5	0,8	1,1	1,3	1,3	1,2	1,0	
Q _{I,h,<3>}	kWh/d	0,7	1,1	1,6	1,9	1,8	1,7	1,5	
Q _{I,h,<4>}	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
Q _{I,h,<5>}	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Q _{I,h,<7>}	kWh/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf Heizung = $Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s} + Q_{h,g} - Q_{h,sol}$ (Gl.4)

W_h = Hilfsenergiebedarf = $W_{h,ce} + W_{h,d} + W_{h,s} + W_{h,gen}$ (Gl.6)

$Q_{I,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge = $Q_{I,h,d} + Q_{I,h,s} + Q_{I,h,g}$ (Gl.7)

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f _P	f _{HS/Hi}	Q _P kWh/a
Erdgas	Heizwärme	*	138.146	1,10	1,11	136.902
Strom-Mix	Beleuchtung	**	9.360	1,80	1,00	16.847
Strom-Mix	Hilfsenergie		49.601	1,80	1,00	89.283
Σ [kWh/Jahr]			197.107			243.032

* = 1/2/3/4/5/7/

** = 1/2/3/4/5/6/7/

$Q_P = \sum Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 243.032 / 687 = 353,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ($\Sigma A_{NGF} = 687 \text{ m}^2$)

Endenergie (Heizwert) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 72,2 kWh/(m²a), Erdgas 201,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 13,6 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
Erdgas	138.146	240	33.155	
Strom-Mix	9.360	560	5.241	
Strom-Mix	49.601	560	27.777	
	197.107		66.173	96,3

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt Zone	m²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
Mensa	364	-	999	-	-	78.197	79.196
Verkehr	70	-	175	-	-	20.412	20.586
Kueche	102	-	7.876	-	-	14.515	22.391
Nebenflaeche	21	-	45	-	-	1.603	1.648
Buero	4	-	51	-	-	16.052	16.103
Technik	125	-	97	-	-	-	97
Sanitaer	2	-	114	-	-	7.464	7.578
Gebäude	687	-	9.359	-	-	138.137	147.497

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	70,3	13,6	0,0	0,0	164,5	248,4
Endenergiebedarf	70,3	13,6	0,0	0,0	203,0	286,8
Primärenergiebedarf	126,5	24,5	0,0	0,0	202,7	353,7

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

15.0 Primärenergie-Referenzwert

vorh $q_P = 353,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$