

ahw Ingenieure GmbH

Hauptsitz
Gildenstraße 2h
D – 48157 Münster
Tel. +49 251 14134-0
Fax +49 251 14134-50
muenster@ahw-ing.com

Genehmigungsplanung Wärmeschutz

27. Juni 2025

Projekt Nr.:	10002
Bauvorhaben:	WERK – Westfalenpark Eingang Ruhrallee / Kindermuseum mondo mio! 44139 Dortmund
Auftraggeber:	Stadt Dortmund (Sport- u. Freizeitbetreibe Dortmund) An der Buschmühle 3 44139 Dortmund
Architektur:	SBD A Schnoklake Betz Dömer Architekten Hafenstraße 64 – Haus 1 48153 Münster

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemein 5
1.1 Beschreibung des Bauvorhabens und Gegenstand des Nachweises 5
1.2 Software 5
1.3 Berechnungsgrundlage 5
1.4 Maßgebende Vorschriften 6
2 Gesetzliche Anforderungen 7
2.1 Gebäudeenergiegesetz (GEG) 7
2.2 Anforderungen Klimafreundlicher Neubau (EG 40) 8
3 Grundlagen 9
3.1 Randbedingungen aus den Richtlinien 9
4 Zonierung 10
4.1 Sonstiges 10
4.2 Bauteile 10
5 Wärmebrücken 11
6 Dichtheit von Gebäude 12
7 Haustechnik 13
7.1 Heizung 13
7.2 Trinkwarmwasser 13
7.3 Lüftung 13
7.4 Kühlung 13
7.5 Beleuchtung 14
7.6 Photovoltaik 14
7.7 Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien 14
8 Sommerlicher Wärmeschutz 15
8.1 Sonneneintragskennwertverfahren 15
8.2 Thermische Simulation 16
9 Nachweis der Anforderungen GEG und BEG 17
9.1 Nachweis der thermischen Hülle 17
9.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs 17
9.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien 17
9.4 Nachweis Einhaltung der Energieeffizienzfestlegung des Bundes 18
10 Variantenbetrachtung: Nachweis inklusive Leitfaden Klimaneutraler Baustandard der Stadt Dortmund 19
10.1 Nachweis der thermischen Hülle 20
10.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs (inkl. Nutzerstrombedarf) 20
10.3 Nachweis des Endenergiebedarfs (inkl. Nutzerstrombedarf) 20
11 Schlussbemerkung und allgemeine Hinweise 21

Verzeichnis der Anhänge

Anlage 1: Verortung Zonen **22**
Anlage 2: Bauteile **23**
Wände **23**
Außenwand gegen Erdreich (AW1) **23**
Außenwand Aluminiumfassade (AW2) **24**
Außenwand Verwaltung (AW3) **25**
Außenwand, Mindestwärmeschutz (AW4) **27**
Außenwand gegen Erdreich, Mindestwärmeschutz (AW5) **28**
Außenwand Atrium (AW6) **29**
Außenwand Lichthof (AW7) **31**
Außenwand Lehm (AW8) **33**
Außenwand Foyer (AW9) **35**
Außenwand Foyer Nord und West (AW10) **36**
Außenwand Unterzug + Aluminiumfassade (AW11) **37**
Sohle **38**
Bodenplatte (So1) **38**
Dächer **39**
Grün-Flachdach (FD1) **39**
Metall-Flachdach (FD2) **40**
Fenster und Türen **41**
Außenfenster inkl. Fenstertüren/Terrassentüren **41**
Pfosten-Riegel-Fassade **41**
Oberlichter **41**
Außentür, opak oder transparent **41**
Anlage 3: sommerlicher Wärmeschutz **42**
Sonneneintragskennwertverfahren **42**
Thermische Simulation **47**
Allgemein **47**
Ziel und Zweck dieses Nachweises **47**
Software **47**
Maßgebende Vorschriften **47**
Berechnungsgrundlage **47**
Anforderungen und Empfehlungen **48**
Anforderungen an Nichtwohngebäude **48**
Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz – Foyer (baurechtlicher Nachweis) **49**

Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz – Foyer (Dortmunder Immobilien Standard) 51
Anlage 4: Ausführliche Berechnung nach DIN V 18599 53

1 Allgemein

1.1 Beschreibung des Bauvorhabens und Gegenstand des Nachweises

Am Rande des Westfalenparks soll ein neues Gebäude in Holzbauweise errichte werden, dass sowohl die Funktionen des Parks als auch des Kindermuseums „monde mio!“ beherbergt. So ist für die Nutzung der Parkeingang, das Haus der Rose, und das Kindermuseum inkl. Verwaltungsräume zusammen in einem Gebäude vorgesehen. Das Museum ist eingeschossig wohingegen die Verwaltung zweigeschossig ist. Das Gebäude ist nicht Unterkellert.

Der energetische Standard des neuen Kindermuseums soll über den gesetzlichen Mindestanforderungen liegen. Es wird ein Effizienzgebäude 40 angestrebt.

Zusätzlich sind die Anforderungen des Dortmunder Immobilien Standards und des Leitfadens klimaneutrales Bauen der Stadt Dortmund zu berücksichtigen. Diese Anforderungen sind im Einzelnen mit dem Bauherrn abzustimmen. Ein Effizienzhaus Plus, so wie es der Leitfaden der Stadt Dortmund vorsieht, soll nicht angestrebt werden.

1.2 Software

Dämmwerk 2025, Bauphysik Software von Kern Ingenieurkonzept

1.3 Berechnungsgrundlage

Als Grundlage für den Wärmeschutznachweis wurde der Vorabzug der SBD Architekten vom Planungsstand 14.05.2025 verwendet.

Des Weiteren wurden die TGA-Angaben von der Haerkötter Sahlmann GmbH & Co. KG mit dem Stand 06.03.2025 verwendet.

1.4 Maßgebende Vorschriften

Normen und Verordnungen

Norm/ Verordnung	Ausgabe	Bezeichnung
GEG	2024	Gebäudeenergiegesetz
DIN V 18599	2018-08	Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 1 bis 10
DIN 4108		Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teile 1 bis 10
DIN EN ISO 6946	2015-06	Bauteile – Wärmedurchlasswiederstand und Wärmedurchlasskoeffizient - Berechnungsverfahren
	2022-02	Dortmunder Immobilien Standard
	2024-07	Leitfaden „Klimaneutrales Bauen in Dortmund“

2 Gesetzliche Anforderungen

2.1 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das Gebäudeenergiegesetzt wurde am 13. August 2020 im Bundesgesetzblatt veröffentlicht und ist somit ab dem 1.11.2020 baurechtlich eingeführt. Es ist für Bauvorhaben, deren Bauantragsstellung ab diesem Zeitpunkt gestellt wird, verbindlich anzuwenden.

Zum 1. Januar 2023 wurde die am 28. Juli 2022 im Bundesgesetzblatt verkündete Änderung zum GEG eingeführt (GEG 2023). Die maßgeblichste Anpassung dieser Novellierung ist die Ver-schärfung des Anforderungswertes des Primärenergiebedarfs von Neubauten auf 55 Prozent des Referenzgebäudewertes. Des Weiteren gibt es Anpassungen hinsichtlich der Berücksichtigung von PV-Strom sowie für die Bewertung von Großwärmepumpen ab 500kW.

Mit der zweiten Novellierung zum 1. Januar 2024 (GEG 2024) wurde der Einsatz von erneuerbaren Energien beim Einbau neuer Heizungen zusätzlich verbindlich geregelt.

Weitere Anpassungen sowie ergänzende Informationen zum Gebäudeenergiegesetz finden sich auf den Internetseiten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter folgendem Link: https://www.bmwsb.bund.de/Webs/BMWSB/DE/themen/bauen/energieeffizientes-bauen-sanieren/gebaeudeenergiegesetz/gebaeudeenergiegesetz-artikel.html

Zur Erfüllung des Gebäudeenergiegesetzes gilt grundsätzlich:

a) Der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und Beleuchtung ist einzuhalten, indem dieser Wert den 0,75-fachen für den Jahres-primärenergiebedarf des Referenzgebäude einhält oder unterschreitet.
b) Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenbauteilen (GEG-2024 Anlage 3, siehe Tabelle 1).
c) 65% des Wärmebedarf durch erneuerbare Energien zu erzeugen (GEG 2024 §71)

Sind eine oder mehrere Anforderungen von a) bis c) nicht erfüllt, gilt das GEG insgesamt als nicht erfüllt.

Bauteilanforderungen nach GEG

Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (NWG)	**Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall ≥ 19 °C**	**Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall 12 bis < 19 °C**
Opake Außenbauteile	0,28 W/(m²*K)	0,50 W/(m²*K)
Transparente Außenbauteile	1,50 W/(m²*K)	2,80 W/(m²*K)
Vorhangfassade	1,50 W/(m²*K)	3,00 W/(m²*K)
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	2,5 W/(m²*K)	3,10 W/(m²*K)

2.2 Anforderungen Klimafreundlicher Neubau (EG 40)

Das Gebäude wird als Neubau im Energiestandard EG 40 geplant.

Zur Erfüllung der Anforderungen an ein Effizienzgebäude 40 sind grundsätzlich:

a) Der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und Beleuchtung ist einzuhalten, indem dieser Wert den 0,4-fachen für den Jahres-primärenergiebedarf des Referenzgebäude einhält oder unterschreitet.
b) Der Einbau eines Wärmeerzeugers auf Basis fossiler Energie ist unzulässig.
c) Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenbauteilen.

Bauteilanforderungen nach EG 40

Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (NWG)	**Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall ≥ 19 °C**	**Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall 12 bis < 19 °C**
Opake Außenbauteile	0,18 W/(m²*K)	0,24 W/(m²*K)
Transparente Außenbauteile	1,00 W/(m²*K)	1,30 W/(m²*K)
Vorhangfassade	1,00 W/(m²*K)	1,30 W/(m²*K)
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	1,60 W/(m²*K)	2,00 W/(m²*K)

3 Grundlagen

3.1 Randbedingungen aus den Richtlinien

Der Nachweis wird mit folgenden Randbedingungen durchgeführt:

Randbedingung	Symbol	Quelle	Wert	Einheit	Bemerkung
Verschmutzungsfaktor	F_v	18599-10	0,90		Bei solaren Gewinnen
Verschmutzungsfaktor	k_2	18599-10	0,90		Bei Tageslichtversorgung
Nicht senkrechter Lichteinfall	F_w	18599-2	0,90		Bei solaren Gewinnen
Nicht senkrechter Lichteinfall	k_3	18599-4	0,85		Bei Tageslichtversorgung
Verschattung	F_s	18599-2	0,90		
Verbauungsindex	I_v	18599-2	0,90		
Wärmekapazität	C_{wirk}	18599	50 x AB	(Wh/(m³K)	
Hüllflächenbezogen Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa Druckdifferenz	**q_{50}**	**GEG, §26**	**2,5**	**m³/(m²*h)**	**Luftdichtheitsprüfung notwendig**
Emissionsgrade	ε	18599-2	0,90		
Windschutzkoeffizient	e	18599-2	0,07		Gemäßigte Abschirmung
Strahlungsabsorptionsgrad	a	18599-2	0,60		
Leitfähigkeit Boden	λ	18599-2	2,00	W/(m²K)	
Heizungsunterbrechung		GEG, §25			Mit Absenkung
Wärmebrückenzuschlag	**ΔU_{wb}**		**0,10**	**W/(m²K)**	**Ohne Wärmebrückennachweis**

4 Zonierung

Das Gebäude wird entsprechend der Vorgaben nach DIN V 18599-1 wie folgt zoniert.

Zone	Bezeichnung	Nutzungsart (gemäß 18599-10)	A_{NGF} (m^2)	Nettorauminhalt (m^3)
1	Büro	Gruppenräume (2)	292	914
2	Besprechungsräume	Besprechung (4)	471	1628
3	Sanitärräume / Küche	WC und Sanitär (16)	188	643
4	Nebenfläche	Nebenfläche (18)	938	3218
5	Foyer (K)	Foyer (24)	315	1099
6	Ausstellungsräume	Ausstellungsräume (27)	789	2755

Hinweis: Kleine Zonen mit einem Anteil von bis zu 5 Prozent der Gesamtfläche des Gebäudes dürfen anderen Zonen mit gleichartiger technischer Konditionierung, doch abweichender Nutzung zugeschlagen werden, sofern sich die inneren Lasten der Zone nicht erheblich unterscheiden.

Die genaue Zonierung kann Anlage 1 entnommen werden.

4.1 Sonstiges

Die Vorgaben zur Bauteilbemessung und zur Stoffauswahl wurden vom Architekten übernommen. Lediglich die zur Funktion in thermisch-bauphysikalischer Hinsicht notwendige Schichten und Abmessungen wurden von uns ergänzt.

Alle Bauteile sind so auszuführen, dass die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 eingehalten werden.

Die nach dem vorliegenden Verfahren ermittelten Energiekennwerte der Anlagentechnik sind nach DIN 18599-5 nicht zur Dimensionierung einzelner Komponenten geeignet!

4.2 Bauteile

Die Bauteilberechnungen können der Anlage 2 entnommen werden.

5 Wärmebrücken

Durch ein stetig steigendes energetisches Anforderungsniveau an die Gebäudehülle wird der Einfluss der Wärmebrücken immer größer. Bei der Errichtung eines Gebäudes ist darauf zu achten, den Wärmebrückeneinflusses zu minimieren. Dadurch ergeben sich in der Gesamtbetrachtung der Bauteile auch geringere Dämmstoffstärken und ein geringer Einsatz von Energie.

Nach § 12 GEG ist der Einfluss der konstruktiven Wärmebrücken nach den anerkannten Regeln der Technik und unter Berücksichtigung von wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen so gering wie möglich zu halten. Als Handreichung bildet die DIN 4108 Beiblatt 2 eine Vielzahl von wärmebrückenarme Planungs- und Ausführungsbeispiele ab, die es bei der Planung zu berücksichtigen gilt.

Bei dem vorliegenden Projekt wurde zunächst ein pauschaler Wärmebrückenkorrekturwert für die Gebäudehülle von **ΔU_{WB} = 0,10 W/(m²*k)** angesetzt. Als weiterführende Optimierung der Wärmebrücken und mögliche Verringerung des Wärmekorrekturwertes ist ein Gleichwertigkeitsnachweis gemäß DIN 4108 Bbl. 2 oder ein detaillierter Wärmebrückennachweis möglich.

6 Dichtheit von Gebäude

Gemäß §13 GEG ist ein Gebäude so zu errichten, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche inkl. Fugen dauerhaft luftundurchlässig ist. Um dies sicherzustellen, ist die Luftdichtheitsschicht sorgfältig zu planen, auszuschreiben und auszuführen.

Angesetzt wurde eine Dichtheitsprüfung nach Fertigstellung des Gebäudes. Die Grenzwerte für die volumen- bzw. flächenbezogenen **Luftwechselrate wurde mit $q_{50} \leq 2{,}5$ m/h** angesetzt und ist durch **eine Messung nachzuweisen.**

Zusätzlich sind gemäß DIS (Dortmunder Immobilien Standard) immer zwei Messungen durchzuführen. Die erste nach Fertigstellung der Gebäudehülle, bei der noch Korrekturen möglich sind. Die zweite bei Endabnahme des Gebäudes, bei der durch eine Messung der Luftdichtigkeitsgrad nachgewiesen wird (Messung nach Verfahren A).

7 Haustechnik

Für die technische Gebäudeausrüstung wurden folgende Annahmen unter Berücksichtigung des beantworteten Fragenkatalog der Fr. Haerkötter Sahlmann GmbH & Co. KG mit dem Stand 06.03.2025 verwendet.

7.1 Heizung

Technik Beheizung	**Bemerkung**
Übergabe: mittels Fußbodenheizung, Vorlauf 35°C und Rücklauf 30°C mit zentraler Vorlauftemperaturregelung + PI-Regler Verteilung: hydraulisch abgeglichen, Absenkung, mit Pumpenmanagement, Auslegung bedarfsgerecht, Druckregelung Δp = konstant, Netztyp Steigestrangtyp Erzeugung: Luft-Wasser Wärmepumpe mit elektrische Nachheizung Pufferspeicher: Ja	detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 13

7.2 Trinkwarmwasser

Technik Trinkwarmwasser	**Bemerkung**
Dezentrale Warmwasserversorgung Erzeugung: elektrischer Durchlauferhitzer Pufferspeicher: ohne	detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 13

7.3 Lüftung

Technik Lüftungssystem	**Bemerkung**
Zone 1-5,7: Zentrale Zu- und Abluftanlage, balanciert, mit WRG 75 %, Anlage mit zeit- oder nutzungsabhängiger Steuerung des Volumenstroms, mit Heizfunktion 19°C Zone 6: Zentrale Zu- und Abluftanlage, balanciert, mit WRG 75 %, Anlage mit zeit- oder nutzungsabhängiger Steuerung des Volumenstroms, mit Heiz- und Kühlfunktion	detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 9

7.4 Kühlung

Technik Kühlung	**Bemerkung**
Zone 6: adiabate Abluftkühlung	detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 11

7.5 Beleuchtung

Technik Beleuchtung	**Bemerkung**
Zone 2,3,4,5,7: LED-Leuchten mit elektronischen Vorschaltgerät, Beleuchtung direkt, mit Präsenzkontrolle, mit Dimmung Zone 1,6: LED-Leuchten mit elektronischen Vorschaltgerät, Beleuchtung direkt/indirekt, mit Präsenzkontrolle, mit Dimmung	detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 10

7.6 Photovoltaik

Technik Photovoltaik	**Bemerkung**
Geplant sind 90-95 kWp horizontale Ausrichtung ohne Batteriespeicher (Vorrangig für den Eigenbedarf).	detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 14

Hinweis: Der Nachweis erhält seine baurechtliche Gütigkeit nur unter der Bedingung , dass der aus der PV-Anlage gewonnen Strom vorrangig zur Eigennutzung unmittelbar nach Erzeugung eigesetzt wird.

7.7 Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien

Das GEG 2024 stellt neue Anforderungen an die Nutzung von erneuerbaren Energien. Beim Einbau von einer neuen Heizungsanlage müssen 65% erneuerbare Energien genutzt werden.

Gemäß §71c werden die Anforderungen mittels Wärmepumpe erfüllt.

8 Sommerlicher Wärmeschutz

Nach dem GEG ist bei Neubauten für kritische Räume, die der Sonneneinstrahlung besonders ausgesetzt sind, ein Nachweis über den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108–2 zu führen. Ziel ist dabei die Begrenzung der solaren Wärmeeinträge.

Die Anforderungen des sommerlichen Wärmeschutzes müssen auch bei Gebäuden mit Anlagen zur Kühlung geprüft und erfüllt werden.

Die in DIN 4108-2 genannten Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sollen gewährleisten, dass bei Gebäuden mit Kühlung die erforderliche Kühlleistung minimiert wird und in Gebäuden ohne Kühlung keine unzumutbar hohen Innentemperaturen entstehen.

8.1 Sonneneintragskennwertverfahren

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes wurde nach dem Standardverfahren der DIN 4109-2 geführt.

Raum	Ausrichtung	Quadratmeter	g-Wert Fenster/Türen	Zusätzliche Maßnahme
Besprecher OG (R001_03_07)	West	22,41 m²	40 %	Außenliegender Sonnenschutz + Nachtlüftung über RLT ($n \geq 2\ h^{-1}$)
Doppelbüro OG (R001_03_12)	Ost	21,21 m²	40%	Außenliegender Sonnenschutz + Nachtlüftung über RLT ($n \geq 2\ h^{-1}$)
Workshop 1 (R000_01_35)	Süd	67,57 m²	40%	Tür: keine Fenster: Außenliegender Sonnenschutz
Haus der Rose (R000_01_05)	Nord-West	80,41	40%	-
Dauerausstellung ü6 (R000_01_20)	Süd	275,17	58%	Fenster: Außenliegender Sonnenschutz

Die genaue Berechnung und einen Übersichtsplan für den sommerlichen Wärmeschutz kann Anlage 3 entnommen werden.

8.2 Thermische Simulation

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes wurde mittels thermischer Simulation der DIN 4109-2 geführt. Gemäß dem Dortmunder Immobilien Standard (DIS) wurden zwei thermische Berechnungen zum sommerlichen Wärmeschutz durchgeführt. Einmal den baurechtlichen Nachweis mit 2011 als Referenzwetter und einmal mit den Klimarandbedingungen auf Grundlage der Klimaprognosedaten von 2021 bis 2050. **Der Nachweis mit den angepassten Klimarandbedingungen von 2021 bis 2050 soll nach Rücksprache mit dem Bauherrn umgesetzt werden.**

Raum	Ausrichtung	Quadratmeter	g-Wert Fenster	Zusätzliche Maßnahme
Foyer (R001_03_07)	Süd, West, Nord	310,62 m²	37%	Adiabate Abluftkühlung (≥ 8,90 KW); Erhöhter Tagluftwechsel n = 3,0 h-1 (über RLT-Anlage); erhöhter Nachtluftwechsel n = 5,0 h-1 (über RLT-Anlage)

Die genaue Berechnung und einen Übersichtsplan für den sommerlichen Wärmeschutz kann Anlage 3 entnommen werden.

9 Nachweis der Anforderungen GEG und BEG

9.1 Nachweis der thermischen Hülle

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 T_i ≥ 19°C		0,13	1,00		1,60
Zonen T_i < 19°C		0,14	1,00		

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: U = 1,00 W/(m²K) = 1,50 W/(m²K) -33,3%

9.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG ´20, § 18
zul $q_{P,REF}$ = 152,2 kWh/(m²a), aus der Referenzberechnung
zul q_P = 152,2 - 45% = 83,7 kWh/(m²a), geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024
vorh q_P = 136.200 / 2993,7 = 45,5 kWh/(m²a)

vorh q_P = 45,5 ≤ 83,7 kWh/(m²a), **Grenzwert wird eingehalten**

9.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis 65% E r n e u e r b a r e
Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71
Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude	263.140 kWh/a	
genutzte erneuerbare Energien		
1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a	
2. aus elektrischen Wärmepumpen	263.140 kWh/a	
3. aus gasmotorischen Wärmepumpen	- kWh/a	
4. aus Stromdirektheizung	- kWh/a	
5. aus unvermeidbarer Abwärme	- kWh/a	
6. aus Wärmenetzen	- kWh/a	
7. aus Biomasse / Wasserstoff	- kWh/a	
Summe erneuerbare Energien	263.140 kWh/a	100 %

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie DA_{EE} = 263140,2/263140,2*100 = 100% (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

Die Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71 (65,0% erneuerbar) **werden erfüllt**

9.4 Nachweis Einhaltung der Energieeffizienzfestlegung des Bundes

Bundesförderprogramme für den Neubau von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:
KFW-Förderprogramme für den klimafreundlichen Neubau von Nichtwohngebäuden ab 1.3.2023,
Effizienzgebäude EG40, GWP_{100} <= Grenzwert kg CO2 Äqu./(m2 a) (LCA, projektspezifisch)

Referenzberechnung = "WERK-Referenz"

Endenergieeinsparung	147.519 kWh/a
Primärenergieeinsparung	114.414 kWh/a
CO2-Einsparung	18.393 kg/a

	Primärenergiebedarf		------ mittlere U-Werte ------				
		Qp´´	Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.	
		kWh/(m²a)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	
Referenzberechnung	100 %	152,2					
erreicht Ti >= 19°C	30 %	45,5	0,13	1,00		1,60	
Effizienzgebäude 40	40 %	60,9	0,18	1,00	1,00	1,60	**OK**
erreicht Ti < 19°C	30 %	45,5	0,14	1,00			
Effizienzgebäude 40	40 %	60,9	0,24	1,30	1,30	2,00	**OK**

LCA-Grenzwert GWP_{100} ≤ Anforderung projektspezifisch [kg CO2 Äqu./(m2 a)]

Der Nachweis zur Begrenzung der Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus liegt nicht vor

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

Ein klimafreundliches Nichtwohngebäude KFNWG wird nicht erreicht.

10 Variantenbetrachtung: Nachweis inklusive Leitfaden Klimaneutraler Baustandard der Stadt Dortmund

Ergänzend zum in Kapitel 9 dargestellten, bauvorhabensrelevanten Wärmeschutznachweis wird nachfolgend ein zusätzlicher, optimierter Nachweis unter Berücksichtigung des Leitfadens „Klimaneutraler Baustandard der Stadt Dortmund“ geführt.

Dabei werden die im Leitfaden enthaltenen Anforderungen und empfohlenen Maßnahmen aufgegriffen und exemplarisch auf das vorliegende Gebäude angewendet. Ziel ist es, das energetische Potenzial des Projekts im Sinne eines zukunftsorientierten, klimabewussten Bauens aufzuzeigen.

Dieser optimierte Nachweis dient ausschließlich zu Informationszwecken. Für die bauaufsichtliche Bewertung und Umsetzung ist weiterhin der in Kapitel 9 dargestellte Nachweis verbindlich.

Folgende Abweichungen und Ergänzungen ergeben sich:

Mindestanforderungen an die thermische Gebäudehülle	
Bauteil	**Orientierungswert**
Fassade	U = 0,15 W/(m²K)
Bodenberührte Bauteile	U = 0,20 W/(m²K)
Dach	U = 0,15 W/(m²K)
Fenster, Türen, Lichtkuppel, Pfosten-Riegel-Konstruktion	U = 1,0 W/(m²K)
Dichtigkeit	
Luftdichtigkeit Gebäude n50	≤ 0,50 h-1
Luftdichtigkeit Gebäude q50	≤ 0,60 m³/(m²h)

Zusätzlich Anforderungen	
Erweiterter GEG-Nachweis nach DIN V 18599	Der Nutzerstrom (17.874 kWh aus LCA-Voranalyse nach QNG) wird für die Berechnung des End- und Primärenergiebedarfs berücksichtigt
Automatisierungsgrad	Klasse A/B gemäß DIN 18599-11/ DIN EN 15232
Luftdichtheitsmessung inkl. Luftdichtheitskonzept	zwei Messungen: erste Messung nach Erreichen des Leistungsstands „Gebäudedichtheit“ und zweite Messung nach Fertigstellung

10.1 Nachweis der thermischen Hülle

Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert W/(m²K)	U/U_{EnEV}	Fläche A m²		H_T W/K	
Außentür (AT1)	1,000		51	1 %	51	3 %
Außenwand-Aluminiumfassade	0,149		74	1 %	11	1 %
Außenwand-Foyer (AW9)	0,378		31	0 %	12	1 %
Außenwand Foyer Nord (AW10	0,239		39	0 %	9	1 %
Außenwand gegen Erdreich (	0,189		548	7 %	104	6 %
Außenwand gegen Erdreich,	0,340		52	1 %	18	1 %
AußenwandLehm (AW8)	0,139		203	2 %	28	2 %
AußenwandLichthof (AW7)	0,149		185	2 %	28	2 %
Außenwand-Verwaltung (AW3)	0,150		352	4 %	53	3 %
Bodenplatte (So1)	0,196		3134	38 %	307	19 %
Dachoberlicht eckig (DF1)	1,000		8	0 %	8	1 %
Fenster (Fe2)	1,000		161	2 %	161	10 %
Grün-Flachdach (FD1)	0,136		2425	29 %	330	21 %
Metall-Flachdach (FD2)	0,149		686	8 %	102	6 %
Pfosten-Riegel-Fassade, Fo	1,000		265	3 %	265	17 %
Pfosten-Riegel-Fassade, Ho	1,000		105	1 %	105	7 %
Außenwand Unterzug + Alumi	0,150		38	0 %	6	0 %
			8358	100 %	1.597	100 %

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

Hinweis: Bei Bauteilen, die nicht die Anforderungen einhalten, handelt es sich um untergeordnete Bauteile.

10.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs (inkl. Nutzerstrombedarf)

Jahres-Primärenergiebedarf (Grenzwert gemäß GEG)	Jahres-Primärenergiebedarf (vorhanden)	Jahres-Primärenergiebedarf (Nutzerstrom)
85,8 kWh/(m²a)	**39,20 kWh/(m²a)**	**10,48 kWh/(m²a)**
85,8 kWh/(m²a)	**49,68 kWh/(m²a)**	

10.3 Nachweis des Endenergiebedarfs (inkl. Nutzerstrombedarf)

Jahres-Endenergiebedarf (gemäß GEG)	Jahres-Endenergiebedarf (vorhanden)	Jahres-Endenergiebedarf (Nutzerstrom)
47,67 kWh/(m²a)	**37,1 kWh/(m²a)**	**5,82 kWh/(m²a)**
47,67 kWh/(m²a)	**42,92 kWh/(m²a)**	

11 Schlussbemerkung und allgemeine Hinweise

Bitte beachten Sie, dass Auskünfte über Änderungen im Planungs- und Vergabeprozess gegenüber den beteiligten Planern für eine sauberen Projektablauf äußerst wichtig sind. Sollte sich die Notwendigkeit einer solchen Abstimmung ergeben, z.B. im Hinblick auf TGA und Architektur, bitten wir um Ihren schriftlichen Hinweis.

Ansprechpartner: ahw-Ingenieure GmbH
Bodo Hengesbach (B.Eng. /B.Sc.)
Gildenstr. 2h
48157 Münster
Tel.: 0251 / 14134-830
Fax.: 0251 / 14134-50
E-Mail: Hengesbach@ahw-ing.com

Münster, Freitag, 27. Juni 2025

Anlage 1: Verortung Zonen

WERK_3_800X_003

Achsen
Gesamtmaß
Außenmaße
Tragwerk
Innenmaße
Öffnungen

Nord-Ost

Süd-West

WERK_3_800X_002

Zone	Bezeichnung	Nutzungsart (gemäß 18599-10)	A_{NGF} (m^2)	Nettorauminhalt (m^3)
1	Büro	Gruppenräume (2)	292	914
2	Besprechungsräume	Besprechung (4)	471	1628
3	Sanitärräume / Küche	WC und Sanitär (16)	188	643
4	Nebenfläche	Nebenfläche (18)	938	3218
5	Foyer (K)	Foyer (24)	315	1099
6	Ausstellungsräume	Ausstellungsräume (27)	789	2755

Heizung
Lüftung
Kühlung
Beleuchtung

ahw Ingenieure GmbH

Hauptsitz
Gildenstraße 2h
D – 48157 Münster
Tel. +49 251 14134-0
Fax +49 251 14134-50
muenster@ahw-ing.com

ICON

PROJEKT

WERK - Westfalenpark
Eingang Ruhrallee mit Kindermuseum

Stadt: Dortmund
Gemarkung: Dortmund
Flur: 024
Flurstück: 408

BAUHERR

Stadt Dortmund vertreten durch die Sport- u. Freizeitbetriebe Dortmund

Straße: An der Buschmühle 3
Stadt: 44139 Dortmund
Telefon: 231/50-11534
Fax: 231/50-26111
Mail: iradeva-amdt@stadtdo.de

ARCHITEKT

SBDA
SCHNOKLAKE BETZ DÖMER ARCHITEKTEN

Straße: Hafenstrasse 64 – Haus 1
Stadt: 48153 Münster
Telefon: +49 251 97 99 24 0
Mail: mail@sbda.info

STATUS

VORABZUG
Entwurfsplanung

PLANINHALT

EG_Uebersicht

Plan-Nr.
WERK_3_000_01

Maßstab **1:200**
Plangröße **0,841m / 0,650m**
Gezeichnet **TK**
Erstellungsdatum **2024-12-03**
Index **E**
Ausgabe **2025-05-27**

INDEXLISTE

Nr.	Datum	Gez.	Art der Änderung
A	19.12.24	TK	Position "Schaufenster" / Winkelstützwand Achse N / Lichthof II
B	07.02.25	TK	Allg. geometrische Anpassungen inkl. Achsen / Position WC Anlage Museum
C	24.03.25	TK	Position WC Personal / Zugang Verkehrsfläche / Neuordnung Funktionszonge Veranstaltung / Verlauf F60-Wand / Zugang WC Museum / Verteilung Ausstellungsräume / Anpassungen Treppe Lichthof / Anpassungen TW Schaufenster & Werbefläch / Flurbereich Verwaltung
D	14.05.25	TK	Ergänzungen Tragwerk / Anpassung Innenhof II / Anpassung RE0 60 Wand / Ergänzung Bodenaufbäufe / Anpassungen Fassade Verwaltung / Anpassungen Fassade Verwaltung / Regelüberhmung / Anpassung Foyerstützen / Anpassung Wandöffnen / Anpassungen Fassade Verwaltung / Ergänzungen und Anpassungen Verwaltung & Abhangdecken
E	26.05.25	TK	Verlauf REI30-Wand Lichthof II / Treppe Technikraum / Position & Aufschlagrichtung Türen Ausstellung / Stürzhöhe Schaufenster nord / Anpassungen an Brandschutzkonzept

WERK_3_80XX_020

WERK_3_80XX_022

Zone	Bezeichnung	Nutzungsart (gemäß 18599-10)	A_{NGF} (m²)	Nettorauminhalt (m³)
1	Büro	Gruppenräume (2)	292	914
2	Besprechungsräume	Besprechung (4)	471	1628
3	Sanitärräume / Küche	WC und Sanitär (16)	188	643
4	Nebenfläche	Nebenfläche (18)	938	3218
5	Foyer (K)	Foyer (24)	315	1099
6	Ausstellungsräume	Ausstellungsräume (27)	789	2755

Heizung
Lüftung
Kühlung
Beleuchtung

ahw Ingenieure GmbH

Hauptsitz
Gildenstraße 2h
D – 48157 Münster
Tel. +49 251 14134-0
Fax +49 251 14134-50
muenster@ahw-ing.com

ICON

PROJEKT

WERK - Westfalenpark
Eingang Ruhrallee mit Kindermuseum

Stadt: Dortmund
Gemarkung: Dortmund
Flur: 024
Flurstück: 408

BAUHERR

Stadt Dortmund vertreten durch die Sport- u. Freizeitbetriebe Dortmund

Straße: An der Buschmühle 3
Stadt: 44139 Dortmund
Telefon: 231/50-11534
Fax: 231/50-26111
Mail: iradeva-arndt@stadtdo.de

ARCHITEKT

SBD A
SCHNOKLAKE BETZ DÖMER ARCHITEKTEN

Straße: Hafenstrasse 64 – Haus 1
Stadt: 48153 Münster
Telefon: +49 251 97 99 24 0
Mail: mail@sbda.info

STATUS

VORABZUG
Entwurfsplanung

PLANINHALT

OG_Uebersicht

Plan-Nr.
WERK_3_001_01

Maßstab
1:200

Plangröße
0.841m / 0.650m

Gezeichnet
TK

Erstellungsdatum
2024-12-03

Index
E

Ausgabe
2025-05-27

INDEXLISTE

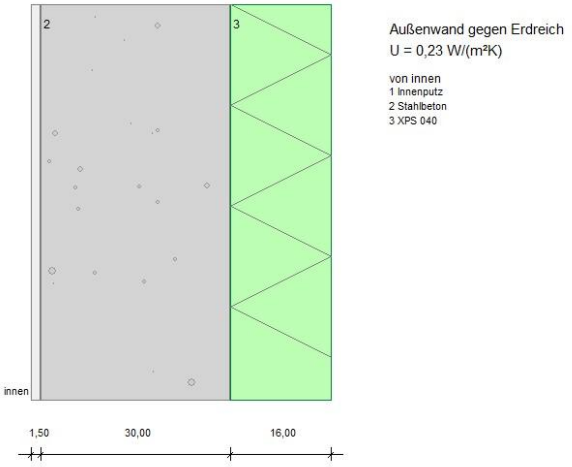
Nr.	Datum	Gez.	Art der Änderung
A	19.12.24	TK	Position "Schaufenster" / Winkelstützwand Achse N / Lichthof II
B	07.02.25	TK	Allg. geometrische Anpassungen inkl. Achsen / Mezzanfläche WC-Anlage Museum
C	24.03.25	TK	Anpassung Oberlicht rund / Anpassungen Treppe Verwaltung / Verkleinerung Einschub Lichthof
D	05.05.25	MG	Anpassungen Verwaltung gem. Bauherrenbesuch / Anpassung Lichtkuppeln / Anpassung Treppe Verwaltung / Anpassung Wandstärken / Ergänzungen und Anpassungen Vorwände & Abhangdecken
E	26.05.25	TK	Anpassungen an Brandschutzkonzept / Anpassung lowerlicht II / Anpassung Oberlicht eckig

Anlage 2: Bauteile

Wände

Außenwand gegen Erdreich (AW1)

Die Perimeterdämmung muss mit 16 cm WLG 040 hergestellt werden.



Außenwand gegen Erdreich
U = 0,23 W/(m²K)

von innen
1 Innenputz
2 Stahlbeton
3 XPS 040

Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" (5)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,00 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Innenputz	1,50	900	13,5	0,300	0,050
02 Stahlbeton	30,00	2400	720,0	2,500	0,120
03 XPS 040	16,00	25	4,0	0,040	4,000
R_{se}					0,000
	d = 47,50		G = 737,5		R_T = 4,30

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,233 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

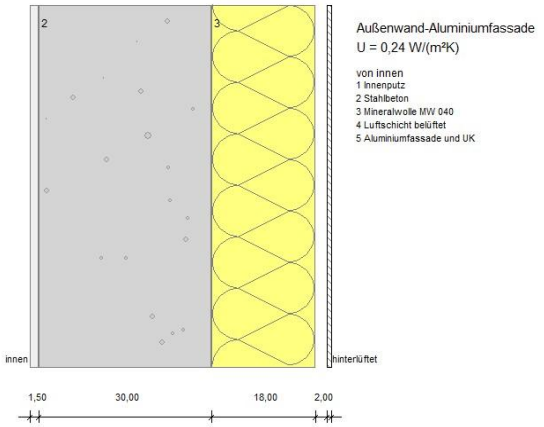
R 4,17 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.
Erdberührte Kelleraußenwand aus einschaligem, wärmedämmendem Mauerwerk oder MW / Beton mit Perimeterdämmung

Außenwand Aluminiumfassade (AW2)

Die Wärmedämmung muss mit 18 cm WLG 040 hergestellt werden. Der ΔU-Wert für die Befestigung darf 0,04 W/(m²K) nicht überschreiten.



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,13 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Innenputz	1,50	900	13,5	0,300	0,050
02 Stahlbeton	30,00	2400	720,0	2,500	0,120
03 Mineralwolle MW 040	18,00	20	3,6	0,040	4,500
04 Luftschicht belüftet	2,00	1	0,0	-	-
05 Aluminiumfassade und UK	0,80	1650	13,2	-	-
R_{se}					0,130
	d = 52,30	G = 750,3		R_T =	4,93

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,203 + 0,040 = **0,243 W/(m²K)**

0,040 Befestigung der hinterlüfteten Fassade (geschätzt; noch zu prüfen)

U-Wert Gesamtkorrektur = 20%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R 4,67 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

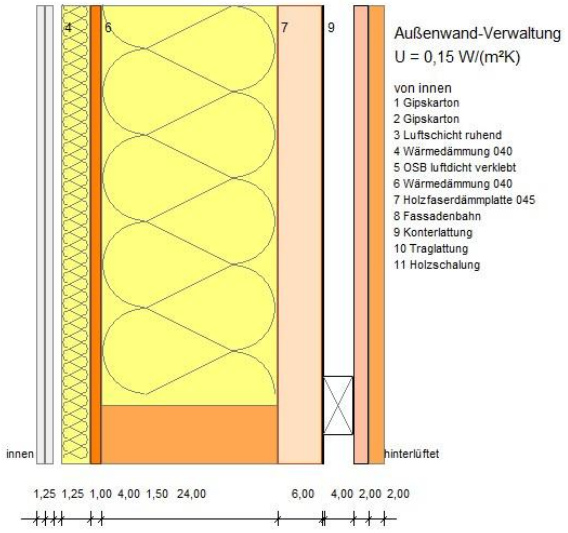
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Ein- und zweischaliges Mauerwerk mit Innenputz und hinterlüfteter Außenwandbekleidung nach DIN 18516 mit oder ohne Wärmedämmung

Außenwand Verwaltung (AW3)

Die Wärmedämmung im Gefach muss mit 24 cm WLG 040 hergestellt werden. Weiterhin ist innenseitig eine Vorsatzschale mit 4 cm Hohlraumdämmung WLG 040 erforderlich. Außenseitig ist eine diffusionsoffene Holzfaserdämmplatte mit 6 cm WLG 045 anzuordnen. Zu beachten ist, dass die luftdichte Ebene in Form von OSB-3-Platten auf der innenseitigen Tragkonstruktion angeordnet wird. Die Stöße der Platten und alle Anschlusspunkte sind luftdicht herzustellen.



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,13 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
03 Luftschicht ruhend	1,00	1	0,0	-	0,150
04 Wärmedämmung 040	4,00	20	0,8	0,040	1,000
05 OSB luftdicht verklebt	1,50	600	9,0	0,130	0,115
06 Wärmedämmung 040	24,00	20	4,8	0,040	6,000
07 Holzfaserdämmplatte 045	6,00	230	13,8	0,045	1,333
08 Fassadenbahn	0,04	-	0,1	0,170	0,003
09 Konterlattung	4,00	-	-	-	-
10 Traglattung	2,00	-	2,0	-	-
11 Holzschalung	2,00	500	10,0	-	-
R_{se}					0,130
	d = 47,05		G = 60,5		R_T = 8,96

U_{Gefach} = 0,112 W/(m²K)

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil

8,0 cm 62,5 cm 12,8 % 75,3 kg/m²

Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
03 Luftschicht ruhend	1,00	1	0,0	-	0,150
04 Wärmedämmung 040	4,00	20	0,8	0,040	1,000
05 OSB luftdicht verklebt	1,50	600	9,0	0,130	0,115
06 KVH	24,00	500	120,0	0,130	1,846
07 Holzfaserdämmplatte 045	6,00	230	13,8	0,045	1,333
08 Fassadenbahn	0,04	-	0,1	0,170	0,003
09 Konterlattung	4,00	-	-	-	-
10 Traglattung	2,00	-	2,0	-	-
11 Holzschalung	2,00	500	10,0	-	-
R_{se}					0,130
	47,05		175,7	R_T =	4,81

$U_{(R)}$ = 0,208 W/(m²K)

R'_T = 1 / (87,20% * 1/8,961 + 12,80% * 1/4,808) = 8,07 m²K/W
R''_T = 0,13 + 1/(0,872/0,050+0,128/0,050) + 1/(0,872/0,050+0,128/0,050) + 1/(0,872/0,150+0,128/0,150) + 1/(0,872/1,000+0,128/1,000) + 1/(0,872/0,115+0,128/0,115) + 1/(0,872/6,000+0,128/1,846) + 1/(0,872/1,333+0,128/1,333) + 1/(0,872/0,003+0,128/0,003) + 0,13 = 7,62 m²K/W
R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 7,84 m²K/W (maximaler Fehler = R'_T - R''_T / 2 * R_T = 3 %)

U = 1 / R_T = 0,127 W/(m²K)

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,127 + 0,025 = **0,152 W/(m²K)**

0,025 Holzbalken (horizontal) reduzierte Dämmung Anteil 11,25%

U-Wert Gesamtkorrektur = 20%

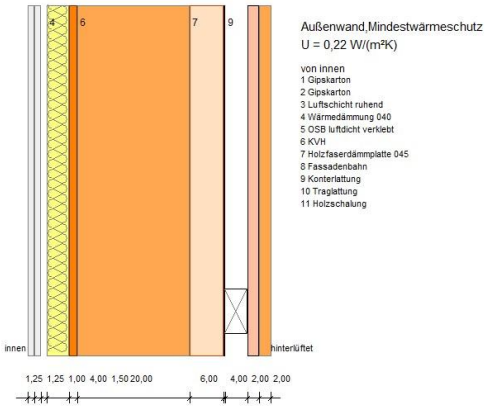
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Außenwände in Holzbauart mit beidseitig bekleideten oder beplankten Wänden mit vorgehängten Außenwandbekleidungen. Raumseitige diffusionshemmende Schicht $s_{d,i}$ >= 2,0 m, außenseitige diffusionsoffene Schicht $s_{d,e}$ <= 0,3 m oder Holzfaserdämmplatte nach DIN EN 13171. Dies gilt auch für nicht belüftete Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen Elementen, wenn auf der äußeren Beplankung eine zusätzliche wasserableitende Schicht mit $s_{d,e}$ <= 0,3 m aufgebracht ist.

Außenwand, Mindestwärmeschutz (AW4)

Innenseitig ist eine Vorsatzschale mit 4 cm Hohlraumdämmung WLG 040 erforderlich. Außenseitig ist eine diffusionsoffene Holzfaserdämmplatte mit 6 cm WLG 045 anzuordnen. Zu beachten ist das die luftdichte Ebene in Form von OSB-3-Platten auf der innenseitigen Tragkonstruktion angeordnet wird. Die Stöße der Platten und alle Anschlusspunkte sind luftdicht herzustellen.



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,13 m²K/W

Querschnitt von innen	cm	s kg/m³	ρ kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
03 Luftschicht ruhend	1,00	1	0,0	-	0,150
04 Wärmedämmung 040	4,00	20	0,8	0,040	1,000
05 OSB luftdicht verklebt	1,50	600	9,0	0,130	0,115
06 KVH	20,00	450	90,0	0,120	1,667
07 Holzfaserdämmplatte 045	6,00	230	13,8	0,045	1,333
08 Fassadenbahn	0,04	-	0,1	0,170	0,003
09 Konterlattung	4,00	-	-	-	-
10 Traglattung	2,00	-	2,0	-	-
11 Holzschalung	2,00	500	10,0	-	-
R_{se}					0,130
	d = 43,05		G = 145,7		R_T = 4,63

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,216 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft. Mindestanforderungen nach Tab.3.

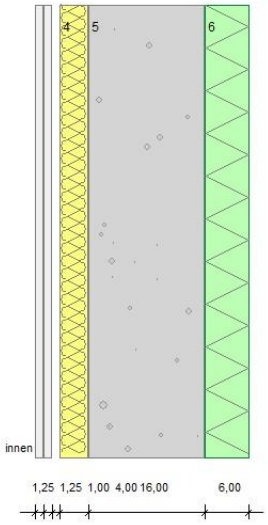
R 4,37 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt. Außenwände in Holzbauart mit beidseitig bekleideten oder beplankten Wänden mit vorgehängten Außenwandbekleidungen. Raumseitige diffusionshemmende Schicht $s_{d,i}$ >= 2,0 m, außenseitige diffusionsoffene Schicht $s_{d,e}$ <= 0,3 m oder Holzfaserdämmplatte nach DIN EN 13171. Dies gilt auch für nicht belüftete Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen Elementen, wenn auf der äußeren Beplankung eine zusätzliche wasserableitende Schicht mit $s_{d,e}$ <= 0,3 m aufgebracht ist.

Außenwand gegen Erdreich, Mindestwärmeschutz (AW5)

Die Perimeterdämmung muss mit 6 cm WLG 040 hergestellt werden. Innenseitig ist eine Vorsatzschale mit 4 cm Hohlraumdämmung WLG 045 erforderlich.



Außenwand gegen Erdreich, Mindestwärmeschutz
U = 0,34 W/(m²K)

von innen
1 Gipskarton
2 Gipskarton
3 Luftschicht ruhend
4 Wärmedämmung 040
5 Stahlbeton
6 XPS 040

Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" (5)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,00 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
03 Luftschicht ruhend	1,00	1	0,0	-	0,150
04 Wärmedämmung 040	4,00	20	0,8	0,040	1,000
05 Stahlbeton	16,00	2400	384,0	2,500	0,064
06 XPS 040	6,00	25	1,5	0,040	1,500
R_{se}					0,000
	d = 29,50	G = 406,3		R_T = 2,94	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,340 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

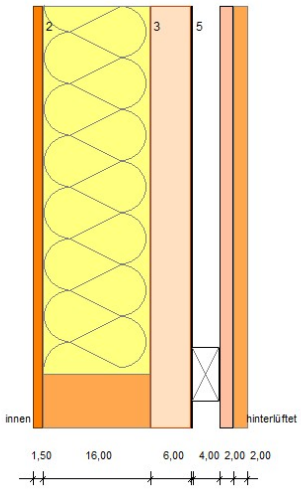
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Erdberührte Kelleraußenwand aus einschaligem, wärmedämmendem Mauerwerk oder MW / Beton mit Perimeterdämmung

Außenwand Atrium (AW6)

Die Wärmedämmung im Gefach muss mit 16 cm WLG 040 hergestellt werden. Außenseitig ist eine diffusionsoffene Holzfaserdämmplatte mit 6 cm WLG 045 anzuordnen. Zu beachten ist das die luftdichte Ebene in Form von OSB-3-Platten auf der innenseitigen Tragkonstruktion angeordnet wird. Die Stöße der Platten und alle Anschlusspunkte sind luftdicht herzustellen.



AußenwandAtrium
U = 0,20 W/(m²K)

von innen
1 OSB luftdicht verklebt
2 Wärmedämmung 040
3 Holzfaserdämmplatte 045
4 Fassadenbahn
5 Konterlattung
6 Traglattung
7 Holzschalung

Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,13 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 OSB luftdicht verklebt	1,50	600	9,0	0,130	0,115
02 Wärmedämmung 040	16,00	20	3,2	0,040	4,000
03 Holzfaserdämmplatte 045	6,00	230	13,8	0,045	1,333
04 Fassadenbahn	0,04	-	0,1	0,170	0,003
05 Konterlattung	4,00	-	-	-	-
06 Traglattung	2,00	-	2,0	-	-
07 Holzschalung	2,00	500	10,0	-	-
R_{se}					0,130
	d = 31,55		G = 38,1		R_T = 5,71

U_{Gefach} = 0,175 W/(m²K)

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand		zusammengesetztes Bauteil
8,0 cm	62,5 cm	12,8 %	46,9 kg/m²

Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130

01 OSB luftdicht verklebt	1,50	600	9,0	0,130	0,115
02 KVH	16,00	450	72,0	0,120	1,333
03 Holzfaserdämmplatte 045	6,00	230	13,8	0,045	1,333
04 Fassadenbahn	0,04	-	0,1	0,170	0,003
05 Konterlattung	4,00	-	-	-	-
06 Traglattung	2,00	-	2,0	-	-
07 Holzschalung	2,00	500	10,0	-	-
R_{se}					0,130
	31,55		106,9	R_T =	3,04

$U_{(R)}$ = 0,328 W/(m²K)

R'_T = 1 / (87,20% * 1/5,711 + 12,80% * 1/3,045) = 5,14 m²K/W
R''_T = 0,13 + 1/(0,872/0,115+0,128/0,115) + 1/(0,872/4,000+0,128/1,333) + 1/(0,872/1,333+0,128/1,333) + 1/(0,872/0,003+0,128/0,003) + 0,13 = 4,90 m²K/W
R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 5,02 m²K/W (maximaler Fehler = R'_T - R''_T / 2 * R_T = 2 %)

U = 1 / R_T = 0,199 W/(m²K)

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = **0,199 W/(m²K)**

0,000 Holzbalken (horizontal) reduzierte Dämmung

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% ⇒ U = 0,199 W/(m²K) (EN ISO 6946:2018, Nr.6.5.2)

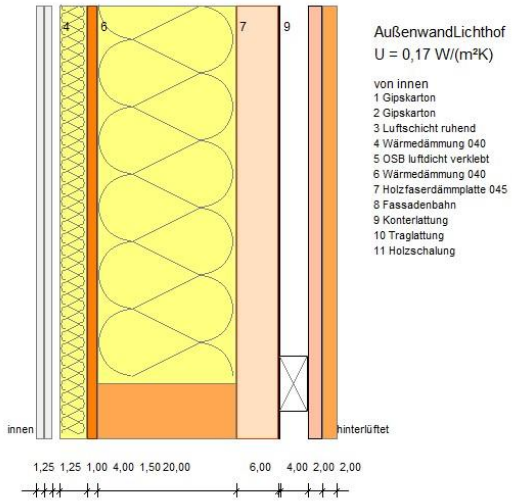
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Außenwände in Holzbauart mit beidseitig bekleideten oder beplankten Wänden mit vorgehängten Außenwandbekleidungen. Raumseitige diffusionshemmende Schicht $s_{d,i}$ >= 2,0 m, außenseitige diffusionsoffene Schicht $s_{d,e}$ <= 0,3 m oder Holzfaserdämmplatte nach DIN EN 13171. Dies gilt auch für nicht belüftete Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen Elementen, wenn auf der äußeren Beplankung eine zusätzliche wasserableitende Schicht mit $s_{d,e}$ <= 0,3 m aufgebracht ist.

Außenwand Lichthof (AW7)

Die Wärmedämmung im Gefach muss mit 20 cm WLG 040 hergestellt werden. Weiterhin ist innenseitig eine Vorsatzschale mit 4 cm Hohlraumdämmung WLG 040 erforderlich. Außenseitig ist eine diffusionsoffene Holzfaserdämmplatte mit 6 cm WLG 045 anzuordnen. Zu beachten ist das die luftdichte Ebene in Form von OSB-3-Platten auf der innenseitigen Tragkonstruktion angeordnet wird. Die Stöße der Platten und alle Anschlusspunkte sind luftdicht herzustellen.



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,13 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
03 Luftschicht ruhend	1,00	1	0,0	-	0,150
04 Wärmedämmung 040	4,00	20	0,8	0,040	1,000
05 OSB luftdicht verklebt	1,50	600	9,0	0,130	0,115
06 Wärmedämmung 040	20,00	20	4,0	0,040	5,000
07 Holzfaserdämmplatte 045	6,00	230	13,8	0,045	1,333
08 Fassadenbahn	0,04	-	0,1	0,170	0,003
09 Konterlattung	4,00	-	-	-	-
10 Traglattung	2,00	-	2,0	-	-
11 Holzschalung	2,00	500	10,0	-	-
R_{se}					0,130
	d = 43,05		G = 59,7		R_T = 7,96

U_{Gefach} = 0,126 W/(m²K)

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil

8,0 cm	62,5 cm	12,8 %		70,7 kg/m²		
Rahmenanteil von innen			s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}							0,130
01 Gipskarton			1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Gipskarton			1,25	800	10,0	0,250	0,050
03 Luftschicht ruhend			1,00	1	0,0	-	0,150
04 Wärmedämmung 040			4,00	20	0,8	0,040	1,000
05 OSB luftdicht verklebt			1,50	600	9,0	0,130	0,115
06 KVH			20,00	450	90,0	0,120	1,667
07 Holzfaserdämmplatte 045			6,00	230	13,8	0,045	1,333
08 Fassadenbahn			0,04	-	0,1	0,170	0,003
09 Konterlattung			4,00	-	-	-	-
10 Traglattung			2,00	-	2,0	-	-
11 Holzschalung			2,00	500	10,0	-	-
R_{se}							0,130
			43,05		145,7	R_T =	4,63

$U_{(R)}$ = 0,216 W/(m²K)

R'_T = 1 / (87,20% * 1/7,961 + 12,80% * 1/4,628) = 7,29 m²K/W
R''_T = 0,13 + 1/(0,872/0,050+0,128/0,050) + 1/(0,872/0,050+0,128/0,050) + 1/(0,872/0,150+0,128/0,150) + 1/(0,872/1,000+0,128/1,000) + 1/(0,872/0,115+0,128/0,115) + 1/(0,872/5,000+0,128/1,667) + 1/(0,872/1,333+0,128/1,333) + 1/(0,872/0,003+0,128/0,003) + 0,13 = 6,94 m²K/W
R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 7,12 m²K/W (maximaler Fehler = R'_T - R''_T / 2 * R_T = 2 %)

U = 1 / R_T = 0,141 W/(m²K)

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,141 + 0,025 = **0,166 W/(m²K)**

0,025 Holzbalken (horizontal) reduzierte Dämmung Anteil 10,45%

U-Wert Gesamtkorrektur = 18%

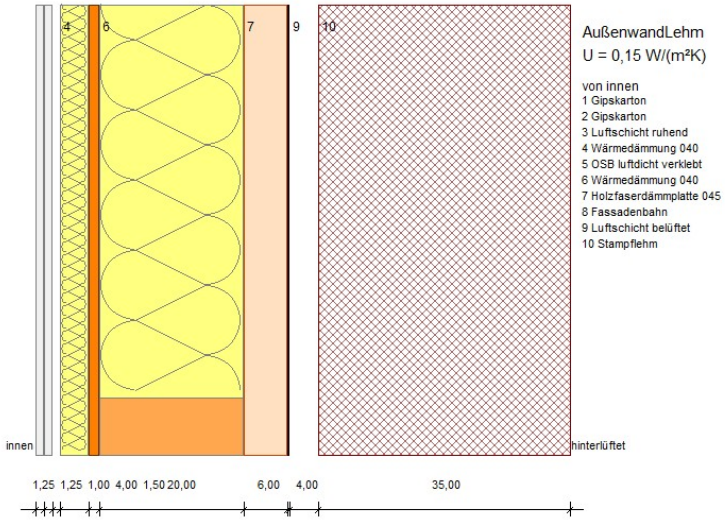
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Außenwände in Holzbauart mit beidseitig bekleideten oder beplankten Wänden mit vorgehängten Außenwandbekleidungen. Raumseitige diffusionshemmende Schicht $s_{d,i}$ >= 2,0 m, außenseitige diffusionsoffene Schicht $s_{d,e}$ <= 0,3 m oder Holzfaserdämmplatte nach DIN EN 13171. Dies gilt auch für nicht belüftete Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen Elementen, wenn auf der äußeren Beplankung eine zusätzliche wasserableitende Schicht mit $s_{d,e}$ <= 0,3 m aufgebracht ist.

Außenwand Lehm (AW8)

Die Wärmedämmung im Gefach muss mit 20 cm WLG 040 hergestellt werden. Weiterhin ist innenseitig eine Vorsatzschale mit 4 cm Hohlraumdämmung WLG 040 erforderlich. Außenseitig ist eine diffusionsoffene Holzfaserdämmplatte mit 6 cm WLG 045 anzuordnen. Zu beachten ist das die luftdichte Ebene in Form von OSB-3-Platten auf der innenseitigen Tragkonstruktion angeordnet wird. Die Stöße der Platten und alle Anschlusspunkte sind luftdicht herzustellen.



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,13 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
03 Luftschicht ruhend	1,00	1	0,0	-	0,150
04 Wärmedämmung 040	4,00	20	0,8	0,040	1,000
05 OSB luftdicht verklebt	1,50	600	9,0	0,130	0,115
06 Wärmedämmung 040	20,00	20	4,0	0,040	5,000
07 Holzfaserdämmplatte 045	6,00	230	13,8	0,045	1,333
08 Fassadenbahn	0,04	-	0,1	0,170	0,003
09 Luftschicht belüftet	4,00	1	0,0	-	-
10 Stampflehm	35,00	2200	770,0	-	-
R_{se}					0,130
	d = 74,05	G = 817,8			R_T = 7,96

U_{Gefach} = 0,126 W/(m²K)

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand		zusammengesetztes Bauteil
8,0 cm	62,5 cm	12,8 %	830,0 kg/m²

Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130

01 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Gipskarton	1,25	800	10,0	0,250	0,050
03 Luftschicht ruhend	1,00	1	0,0	-	0,150
04 Wärmedämmung 040	4,00	20	0,8	0,040	1,000
05 OSB luftdicht verklebt	1,50	600	9,0	0,130	0,115
06 KVH	20,00	500	100,0	0,130	1,538
07 Holzfaserdämmplatte 045	6,00	230	13,8	0,045	1,333
08 Fassadenbahn	0,04	-	0,1	0,170	0,003
09 Luftschicht belüftet	4,00	1	0,0	-	-
10 Stampflehm	35,00	2200	770,0	-	-
R_{se}					0,130
	74,05		913,8	R_T =	4,50

$U_{(R)}$ = 0,222 W/(m²K)

R'_T = 1 / (87,20% * 1/7,961 + 12,80% * 1/4,500) = 7,25 m²K/W
R''_T = 0,13 + 1/(0,872/0,050+0,128/0,050) + 1/(0,872/0,050+0,128/0,050) + 1/(0,872/0,150+0,128/0,150) + 1/(0,872/1,000+0,128/1,000) + 1/(0,872/0,115+0,128/0,115) + 1/(0,872/5,000+0,128/1,538) + 1/(0,872/1,333+0,128/1,333) + 1/(0,872/0,003+0,128/0,003) + 0,13 = 6,84 m²K/W
R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 7,05 m²K/W (maximaler Fehler = R'_T - R''_T / 2 * R_T = 3 %)

U = 1 / R_T = 0,142 W/(m²K)

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,142 + 0,011 = **0,153 W/(m²K)**

0,011 Holzbalken (horizontal) reduzierte Dämmung Anteil 5%

U-Wert Gesamtkorrektur = 8%

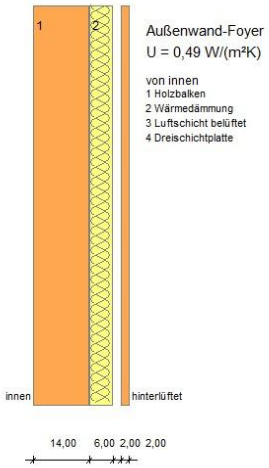
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Außenwände in Holzbauart mit beidseitig bekleideten oder beplankten Wänden mit vorgehängten Außenwandbekleidungen. Raumseitige diffusionshemmende Schicht $s_{d,i}$ >= 2,0 m, außenseitige diffusionsoffene Schicht $s_{d,e}$ <= 0,3 m oder Holzfaserdämmplatte nach DIN EN 13171. Dies gilt auch für nicht belüftete Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen Elementen, wenn auf der äußeren Beplankung eine zusätzliche wasserableitende Schicht mit $s_{d,e}$ <= 0,3 m aufgebracht ist.

Außenwand Foyer (AW9)

Die Wärmedämmung muss mit 6 cm WLG 040 hergestellt werden.



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,13 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Holzbalken	14,00	450	63,0	0,180	0,778
02 Wärmedämmung	6,00	20	1,2	0,040	1,500
03 Luftschicht belüftet	2,00	1	0,0	-	-
04 Dreischichtplatte	2,00	450	9,0	-	-
R_{se}					0,130
	d = 24,00	G = 73,2		R_T =	2,54

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,394 + 0,100 = **0,494 W/(m²K)**

0,100 Befestigung der hinterlüfteten Fassade (geschätzt; noch zu prüfen)

U-Wert Gesamtkorrektur = 25%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse < 100 kg/m²

R 2,28 ≥ 1,75 m²K/W erfüllt die Anforderungen

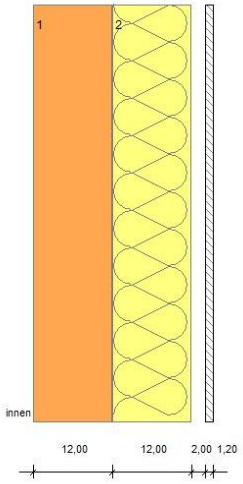
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Außenwände in Holzbauart mit beidseitig bekleideten oder beplankten Wänden mit vorgehängten Außenwandbekleidungen. Raumseitige diffusionshemmende Schicht $s_{d,i}$ >= 2,0 m, außenseitige diffusionsoffene Schicht $s_{d,e}$ <= 0,3 m oder Holzfaserdämmplatte nach DIN EN 13171. Dies gilt auch für nicht belüftete Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen Elementen, wenn auf der äußeren Beplankung eine zusätzliche wasserableitende Schicht mit $s_{d,e}$ <= 0,3 m aufgebracht ist.

Außenwand Foyer Nord und West (AW10)

Die Wärmedämmung muss mit 12 cm WLG 040 hergestellt werden.



Außenwand Foyer Nord
U = 0,34 W/(m²K)

von innen
1 KVH
2 Wärmedämmung 040
3 Luftschicht belüftet
4 Aluminiumfassade und UK

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 KVH	12,00	450	54,0	0,120	1,000
02 Wärmedämmung 040	12,00	20	2,4	0,040	3,000
03 Luftschicht belüftet	2,00	1	0,0	-	-
04 Aluminiumfassade und UK	1,20	1650	19,8	-	-
R_{se}					0,040
	d = 27,20		G = 76,2		R_T = 4,17

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,240 + 0,100 = **0,340 W/(m²K)**

0,100 Befestigung der hinterlüfteten Fassade (geschätzt; noch zu prüfen)

U-Wert Gesamtkorrektur = 42%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse < 100 kg/m²

R 4,00 ≥ 1,75 m²K/W erfüllt die Anforderungen

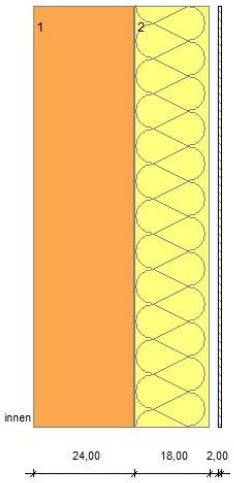
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Außenwände in Massivholzbauart mit vorgehängter Außenwandbekleidung oder Wärmedämmverbundsystem nach DIN 68800-2:2012-02 Anhang A

Außenwand Unterzug + Aluminiumfassade (AW11)

Die Wärmedämmung muss mit 18 cm WLG 040 hergestellt werden.



Außenwand Unterzug + Aluminiumfassade
U = 0,15 W/(m²K)

von innen
1 Unterzug
2 Wärmedämmung 040
3 Luftschicht belüftet
4 Aluminiumfassade + UK

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,04 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Unterzug	24,00	450	108,0	0,120	2,000
02 Wärmedämmung 040	18,00	20	3,6	0,040	4,500
03 Luftschicht belüftet	2,00	1	0,0	-	-
04 Aluminiumfassade + UK	0,80	1650	13,2	-	-
R_{se}					0,040
	d = 44,80		G = 124,8		R_T = 6,67

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,150 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R 6,50 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

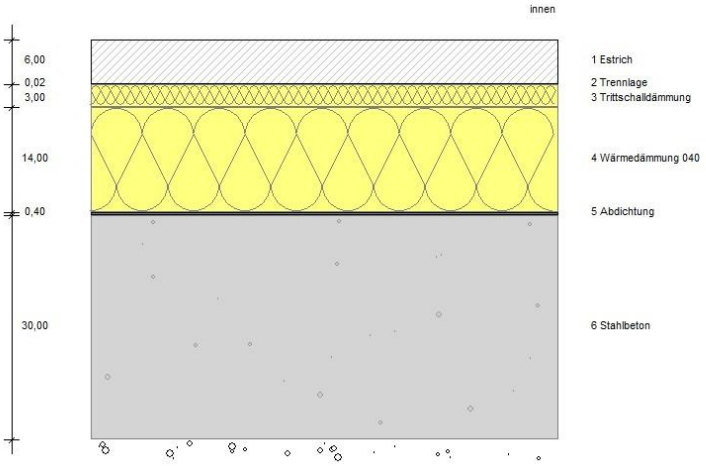
Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Außenwände in Massivholzbauart mit vorgehängter Außenwandbekleidung oder Wärmedämmverbundsystem nach DIN 68800-2:2012-02 Anhang A

Sohle

Bodenplatte (So1)

Die Wärmedämmung auf der Bodenplatte muss mit mind. 14 cm WLG 040 und einer Trittschalldämmung von mind. 3 cm WLG 040 hergestellt werden.



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,17 und R_{se} = 0,00 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,170
01 Estrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,043
02 Trennlage	0,02	1000	0,2	-	-
03 Trittschalldämmung	3,00	90	2,7	0,040	0,750
04 Wärmedämmung 040	14,00	20	2,8	0,040	3,500
05 Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,017
06 Stahlbeton	30,00	2400	720,0	2,500	0,120
R_{se}					0,000
	d = 53,42		G = 850,1		R_T = 4,60

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,217 W/(m²K)** (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 4,43 ≥ 0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

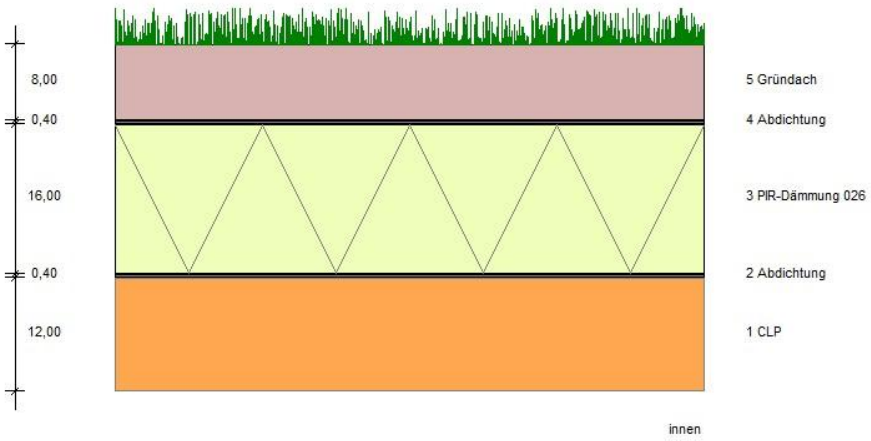
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.
Bodenpaltte mit raumseitiger Dämmung nach DIN 18533, s_d-Wert der Schichten raumseitig der Wärmedämmung >= 20 m.

Dächer

Grün-Flachdach (FD1)

Die Wärmedämmung muss im energetischen Mittel mit 16 cm WLG 026 hergestellt werden. Der R-Wert (Wärmedurchlasswiderstand) von 6,154 m²K/W darf nicht unterschritten werden.



Grün-Flachdach
U = 0,14 W/(m²K)

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,10 und R_{se} = 0,04 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,100
01 CLP	12,00	450	54,0	0,120	1,000
02 Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,017
03 PIR-Dämmung 026	16,00	36	5,8	0,026	6,154
04 Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,017
05 Gründach	8,00	1000	80,0	-	-
R_{se}					0,040
	d = 36,80		G = 148,6		R_T = 7,33

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,136 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wärmegedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

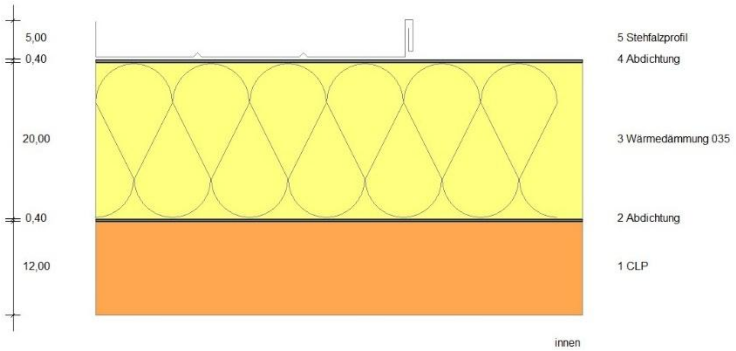
R 7,19 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.
Bauteil Dachkontsruktion-Bild-13, mit den Schichten: Stahlbeton ~ Dampfsperre >100m ~ Dachdämmung ~ Dachdichtung ~ Dachbegrünung / Belag (Bild-13-2024.DWB)

Metall-Flachdach (FD2)

Die Wärmedämmung muss im energetischen Mittel mit 20 cm WLG 035 hergestellt werden. Der R-Wert (Wärmedurchlasswiderstand) von 5,714 m²K/W darf nicht unterschritten werden. Der ΔU-Wert für die Kalzip-Befestigung darf 0,021 W/(m²K) nicht überschreiten.



Metall-Flachdach
U = 0,17 W/(m²K)

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,10 und R_{se} = 0,04 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,100
01 CLP	12,00	450	54,0	0,120	1,000
02 Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,017
03 Wärmedämmung 035	20,00	20	4,0	0,035	5,714
04 Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,017
05 Stehfalzprofil	5,00	-	2,0	-	-
R_{se}					0,040
	d = 37,80	G = 68,8			R_T = 6,89

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,145 + 0,021 = **0,166 W/(m²K)**

0,021 Kalzip – Verbundklipp mit Distanzkappe DK5 + n1 = 1,5

U-Wert Gesamtkorrektur = 14%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wärmegedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse < 100 kg/m²

R 6,75 ≥ 1,75 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.
Bauteil Dachkontsruktion-Bild-13, mit den Schichten: Stahlbeton ~ Dampfsperre >100m ~ Dachdämmung ~ Dachdichtung ~ Dachbegrünung / Belag (Bild-13-2024.DWB)

Fenster und Türen

Für die Berechnung werden obere Grenzwerte der Wärmedurchlasskoeffizienten U berücksichtigt. Diese Werte können nach DIN EN ISO 10071 „Berechnung des Wärmedurchgangkoeffizienten, vereinfachtes Verfahren“ und in Verbindung mit der DIN EN ISO 10072 „Numerisches Verfahren“ genauer durch den Fensterplaner ermittelt werden. Für den Gesamtenergiedurchlassgrad sind die Werte aus dem sommerlichen Wärmeschutz zu berücksichtigen.

Außenfenster inkl. Fenstertüren/Terrassentüren

Wärmedurchgangskoeffizient Uw = 1,0 W/(m²K) inkl. Rahmen, Verglasung, Randverbund und Paneel Flächen.

Pfosten-Riegel-Fassade

Wärmedurchgangskoeffizient Uw = 1,0 W/(m²K) inkl. Rahmen, Verglasung, Randverbund und Paneel Flächen.

Oberlichter

Wärmedurchgangskoeffizient Uw = 1,6 W/(m²K) inkl. Rahmen, Verglasung, Randverbund und Paneel Flächen.

Außentür, opak oder transparent

Wärmedurchgangskoeffizient U = 1,6 W/(m²K) inkl. Rahmen, Verglasung, Randverbund und Paneel Flächen.

Anlage 3: sommerlicher Wärmeschutz

Sonneneintragskennwertverfahren

Bauteil: Besprecher OG West

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Besprecher OG West
mit der Nettogrundfläche A_G = 22,41 = 22,41 m²

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

	Fensterflächen	Orientierung / Neigung	A_w [m²]	g [%]	F_C	A_w*g*F_C
1	Fenster West	West 90°	7,43	40	0,30	0,89
2						
			7,4 m²			0,89

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: Fc = 0,3 Sonnenschutzglas g <= 0.4 zweifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = 7,43 / 25,33 = 0,29 (29%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{vorh} = (\Sigma A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G$ = 0,89 / 25,33 = **0,035**

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	C sommerheiß
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2\ h^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,048
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,003 (f_{WG} = 0,29)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S+	+0,027

S_{vorh} = 0,035 ≤ 0,075 = S_{zul} (= 0,048 +0,027) **Nachweis erbracht**

Bauteil: Doppelbüro OG Ost

.....

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Doppelbüro OG Ost
mit der Nettogrundfläche A_G = 22,21 = 22,21 m²

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

	Fensterflächen	Orientierung / Neigung	A_w [m²]	g [%]	F_C	A_w*g*F_C
1	Fenster Ost	Ost 90°	8,99	40	0,30	1,08
2						
			9,0 m²			1,08

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: Fc = 0,3 Sonnenschutzglas g <= 0.4 zweifach + Jalousien / Raffstore, 45° Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = 8,99 / 22,21 = 0,40 (40%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{vorh} = (\Sigma A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G$ = 1,08 / 22,21 = **0,049**

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	C sommerheiß
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2\ h^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,048
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,016 (f_{WG} = 0,40)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S+	+0,014

S_{vorh} = 0,049 ≤ 0,062 = S_{zul} (= 0,048 +0,014) **Nachweis erbracht**

Bauteil: Haus der Rose EG

.....

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Haus der Rose EG
mit der Nettogrundfläche A_G = 80,41 = 80,41 m²

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

	Fensterflächen	Orientierung / Neigung	A_W [m²]	g [%]	F_C	A_W*g*F_C
1	Fenster NW	N-W 90°	20,67	40	1,00	8,27
2						
			20,7 m²			8,27

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = 20,67 / 80,41 = 0,26 (26%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{vorh} = (\Sigma A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G$ = 8,27 / 80,41 = **0,103**

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	C sommerheiß
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	-0,000
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,000 (f_{WG} = 0,26)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	+0,100
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S+	+0,130

S_{vorh} = 0,103 ≤ 0,130 = S_{zul} (= 0,000 +0,130) **Nachweis erbracht**

Bauteil: Workshop 1

.....

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Nachweis für Raum / Raumgruppe Workshop 1
mit der Nettogrundfläche A_G = 67,57 = 67,57 m²

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

	Fensterflächen	Orientierung / Neigung		A_w [m²]	g [%]	F_C	A_w*g*F_C
1	Fenster Süd	Süd	90°	1,72	40	0,30	0,21
2	Tür Süd	Süd	90°	6,15	40	1,00	2,46
3							
				7,9 m²			2,67

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: ohne Sonnenschutzvorrichtung ~ Fc = 0,3 Sonnenschutzglas g <= 0.4 zweifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = 7,87 / 67,57 = 0,12 (12%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{vorh} = (\Sigma A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G$ = 2,67 / 67,57 = **0,040**

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	C sommerheiß
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	-0,000
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,016 (f_{WG} = 0,12)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S+	+0,046

S_{vorh} = 0,040 ≤ 0,046 = S_{zul} (= 0,000 +0,046) **Nachweis erbracht**

Bauteil: Dauerausstellung ü6

.....

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Nachweis für Raum / Raumgruppe Dauerausstellung ü6
mit der Nettogrundfläche A_G = 275,17 = 275,17 m²

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

	Fensterflächen	Orientierung / Neigung	A_w [m²]	g [%]	F_C	A_w*g*F_C
1	Fenster Süd	Süd 90°	9,83	58	0,25	1,43
2	Tür Süd	Süd 90°	6,15	58	1,00	3,57
3						
			16,0 m²			4,99

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: ohne Sonnenschutzvorrichtung ~ Fc = 0,25 Verglasung g > 0.4 dreifach + Jalousien / Raffstore, 45° Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = 15,98 / 275,17 = 0,06 (6%) (nachweisfrei)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{vorh} = (\Sigma A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G$ = 4,99 / 275,17 = **0,018**

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	C sommerheiß
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	-0,000
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,023 (f_{WG} = 0,06)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S+	+0,023

S_{vorh} = 0,018 ≤ 0,023 = S_{zul} (= 0,000 +0,023) **Nachweis erbracht**

WERK_3_000_02

Kennzeichnung der Fensterqualitäten für den sommerlichen Wärmeschutz		
Farbe	g-Wert	Erläuterung
	0,40	Inklusive außenliegendem Sonnenschutz (F_c = 0,3) und Nachtlüftung 2h^{-1}
	0,40	Inklusive außenliegendem Sonnenschutz (F_c = 0,3)
	0,40	
	0,37	Adiabate Abluftkühlung (≥ 8,90 KW) und erhöhter Tagluftwechsel n = 3,0 h-1 (über RLT-Anlage) und erhöhter Nachtluftwechsel n = 5,0 h-1 (über RLT-Anlage)
	0,58	Inklusive außenliegendem Sonnenschutz (F_c = 0,25)

ahw Ingenieure GmbH

Hauptsitz
Gildenstraße 2h
D – 48157 Münster
Tel. +49 251 14134-0
Fax +49 251 14134-50
muenster@ahw-ing.com

ICON

PROJEKT

WERK - Westfalenpark
Eingang Ruhrallee mit Kindermuseum

Stadt: Dortmund
Gemarkung: Dortmund
Flur: 024
Flurstück: 408

BAUHERR

Stadt Dortmund vertreten durch die Sport- u. Freizeitbetriebe Dortmund

Straße: An der Buschmühle 3
Stadt: 44139 Dortmund
Telefon: 231/50-11534
Fax: 231/50-26111
Mail: iradeva-arndt@stadtdo.de

ARCHITEKT

SBDA
SCHNOKLAKE BIETZ DÖMER ARCHITEKTEN

Straße: Hafenstrasse 64 – Haus 1
Stadt: 48153 Münster
Telefon: +49 251 97 99 24 0
Mail: mail@sbda.info

STATUS

VORABZUG
Entwurfsplanung

PLANINHALT

EG_Uebersicht

Plan-Nr.
WERK_3_000_01

Maßstab
1:200

Plangröße
0,841m / 0,650m

Gezeichnet
TK

Erstellungsdatum
2024-12-03

Index
E

Ausgabe
2025-05-27

INDEXLISTE

Nr.	Datum	Gez.	Art der Änderung
A	19.12.24	TK	Position "Schaufenster" / Winkelstützwand Achse N / Lyrebird 2
B	07.02.25	TK	Allg. geometrische Anpassungen inkl. Achsen / Neuordnung WC-Anlage Museum
C	24.03.25	TK	Position WC Personal / Zugang Verbehaltion / Neuordnung Funktionszugange Veranstaltung / Verlauf FBS-Wand / Zugang WC Museum / Verteilung Veranstaltung / Anpassungen Rampenverlauf / Detail / Anpassungen TW Schwachstrom & Werkstatt / Flurbereich Verwaltung
D	14.05.25	TK	Ergänzungen Treppe Foyer / Anpassung Innenhof II / Ergänzung Türen Foyer / Anpassung Bodenaufbau / Ergänzung Türen Foyer / Anpassung Tür Lager HBF / Anpassungen Fassade Verwaltung / Begrünbestimmung / Anpassung Foyerstützen / Anpassung Wandstärken / Anpassung Fensterbänder / Anpassungen Rampen und Anpassungen Vorsatzbe & Abhangdecken
E	26.05.25	TK	Verlauf REI30-Wand Lichthof II / Treppe Technikraum / Ergänzung Aufzug/abgrenzung Türen Ausstellung / Flüchtiche Schaufenster nord / Anpassungen an Brandschutzkonzept



WERK_3_80XX_020

WERK_3_80XX_022

Kennzeichnung der Fensterqualitäten für den sommerlichen Wärmeschutz		
Farbe	g-Wert	Erläuterung
	0,40	Inklusive außenliegendem Sonnenschutz (F_c = 0,3) und Nachtlüftung 2h^{-1}
	0,40	Inklusive außenliegendem Sonnenschutz (F_c = 0,3)
	0,40	
	0,37	Adiabate Abluftkühlung (≥ 8,90 KW) und erhöhter Tagluftwechsel n = 3,0 h-1 (über RLT-Anlage) und erhöhter Nachtluftwechsel n = 5,0 h-1 (über RLT-Anlage)
	0,58	Inklusive außenliegendem Sonnenschutz (F_c = 0,25)

ahw Ingenieure GmbH

Hauptsitz
Gildenstraße 2h
D – 48157 Münster
Tel. +49 251 14134-0
Fax +49 251 14134-50
muenster@ahw-ing.com

ICON

PROJEKT

WERK - Westfalenpark
Eingang Ruhrallee mit Kindermuseum

Stadt: Dortmund
Gemarkung: Dortmund
Flur: 024
Flurstück: 408

BAUHERR

Stadt Dortmund vertreten durch die Sport- u. Freizeitbetriebe Dortmund

Straße: An der Buschmühle 3
Stadt: 44139 Dortmund
Telefon: 231/50-11534
Fax: 231/50-26111
Mail: iradeva-arndt@stadtdo.de

ARCHITEKT

SBD A
SCHNORLAKE BETZ DÖMER ARCHITEKTEN

Straße: Hafenstrasse 64 – Haus 1
Stadt: 48153 Münster
Telefon: +49 251 97 99 24 0
Mail: mail@sbda.info

STATUS

VORABZUG
Entwurfsplanung

PLANINHALT

OG_Uebersicht

Plan-Nr.
WERK_3_001_01

Maßstab: **1:200**	Plangröße **0.841m / 0.650m**
Gezeichnet **TK**	Erstellungsdatum **2024-12-03**
Index **E**	Ausgabe **2025-05-27**

INDEXLISTE

Nr.	Datum	Gez.	Art der Änderung
A	19.12.24	TK	Position "Schaufenster" / Winkelstützwand Achse N / Lichthof II
B	07.02.25	TK	Allg. geometrische Anpassungen inkl. Achsen / Mezzanfläche WC-Anlage Museum
C	24.03.25	TK	Anpassung Oberlicht rund / Anpassungen Treppe Verwaltung / Verkleinerung Einschub Lichthof
D	05.05.25	MG	Anpassungen Verwaltung gem. Bauherrenbesuch / Anpassungen Lichthöfe / Anpassungen Treppe Verwaltung / Anpassung Wandstärken / Ergänzungen und Anpassungen Vorwände & Abhangdecken
E	26.05.25	TK	Anpassungen an Brandschutzkonzept / Anpassung lowerlicht II / Anpassung Oberlicht eckig

Thermische Simulation

Allgemein

Ziel und Zweck dieses Nachweises

Allgemein ist im Zuge der Erstellung des Nachweises nach GEG die Einhaltung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013 zu prüfen. Dazu wird ein vereinfachter Nachweis durch Bestimmung von Sonneneintragskennwerten geführt, die einen definierten Grenzwert nicht überschreiten dürfen.

Wenn die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach dem oben genannten vereinfachten Standardverfahren nicht eingehalten werden können bzw. zu sehr hohen Anforderungen führen, ist die Möglichkeit gegeben, die Erfüllung der Anforderungen mittels einer thermischen Gebäudesimulation und den dafür fest definierten Randbedingungen nach DIN 4108-2:2013, Punkt 8.4 nachzuweisen, um weitere kostenintensive Maßnahmen oder eine Reduzierung des Fensterflächenanteils zur Erfüllung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz zu vermeiden. Dabei darf eine festgelegte Anzahl an Übertemperaturgradstunden in Abhängigkeit der Sommerklimaregion nicht überschritten werden.

Das vereinfachte Verfahren nach DIN 4108-2:2013 geht nur unspezifisch auf unterschiedliche Bauweisen und auf die Verschattungssituation durch das Gebäude selbst ein. Unter Berücksichtigung der eben genannten Randbedingungen können durch eine deutlich aufwändigere, thermische Gebäudesimulation somit ggf. die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz eingehalten werden bzw. zu milderen Anforderungen führen.

Allerdings erlauben die Berechnungsergebnisse wegen standardisierter Randbedingungen nur bedingt Rückschlüsse auf tatsächliche Überschreitungshäufigkeiten.

Software

Dämmwerk 2025, Bauphysik Software von Kern Ingenieurkonzept

Maßgebende Vorschriften

Tabelle 1: Normen und Verordnungen

Norm/ Verordnung	Ausgabe	Bezeichnung
DIN 4108-2	2013-02	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

Berechnungsgrundlage

Architekturpläne: Planstand 14.05.2025

Anforderungen und Empfehlungen

Für die Bewertung der thermischen Behaglichkeit werden zur Nachweisführung Bezugswerte der operativen Innenraumtemperatur in Abhängigkeit von drei Sommerklimaregionen vorgegeben. Im Rahmen der Nachweisführung ist unter Zugrundelegung der jeweils geltenden Bezugswerte der operativen Innenraumtemperatur nachzuweisen, dass die angegebenen Übertemperaturgradstunden-Anforderungswerte nicht überschritten werden. Hierbei ist im vorliegenden Fall **Dortmund** in die **Sommerklimaregion C** einzuordnen.

Anforderungen an Nichtwohngebäude

Es gelten folgende Anforderungen:

Sommer-Klimaregion	Bezugswert der Innentemperatur [°C]	Anforderungswert Übertemperaturgradstunden [Kh/a]
A	25	500 für Nichtwohngebäude
B	26	
C	27	

Tabelle 1: Anforderungswert Übertemperaturgradstunden Nichtwohngebäude

Übertemperaturgradstunden (Beispiel): Die Übertemperaturgradstunden errechnen sich aus der Überschreitung der festgesetzten Temperatur (25°C) multipliziert mit der Dauer dieser Überschreitung in Stunden. Liegt die Temperatur an einem sonnenreichen Tag über eine Stunde bei 27°C, so beträgt die Anzahl der Übertemperaturgradstunden 2.

Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz – Foyer (baurechtlicher Nachweis)

Der Nachweis für den Raum wird mit folgenden Randbedingungen nach DIN 4108-2:2013 durchgeführt, die anzusetzen sind, unabhängig von tatsächlichen Gegebenheiten:

Randbedingung	Angesetzte Werte nach DIN 4108-2 für Nichtwohngebäude
Grundfläche	310,82 m²
Mittlere Raumhöhe	5,40 m
Nutzungszeit	Montag – Sonntag, 7-18 Uhr
Klimaregion	C
Wetterdatensatz	Testreferenzwetter des Deutschen Wetterdienstes, **2011** TRY-Zone 05, Normaljahr
Beginn der Simulationsrechnung	1.Januar, 0 Uhr, keine Feiertage berücksichtigt, Sommer- und Winterzeit
Interne Wärmeeinträge	Nichtwohngebäude, 144 Wh/(m²d), bezogen auf Nettogrundfläche, konstanter Wärmeeintrag in Nutzungszeit, 100% konvektiv
Soll-Raumtemperatur	Nichtwohngebäude, 21°C im Heizfall
Grundluftwechsel	n = 1,41 h^{-1} in Nutzungszeit
Nachtluftwechsel	n = 0,24 h^{-1} in Nicht-Nutzungszeit
Erhöhter Tagluftwechsel	n = 3,0 h-1 (über RLT-Anlage), wenn Innentemperatur > 23°C und Innentemperatur > Außentemperatur in Nutzungszeit
Erhöhter Nachtluftwechsel	n = 5,0 h-1 (über RLT-Anlage), wenn Innentemperatur > 23°C und Innentemperatur > Außentemperatur in Nutzungszeit
Sonnenschutz	-
Verglasung	g ≤ 0,37 Sonnenschutzverglasung
Erforderliche passive Kälte	Adiabate Abluftkühlung (Kühlleistung ≥ 4.560 W)
Bauliche Verschattung	Vordach

Aus der thermischen Simulation ergeben sich für den Raum folgende Übertemperaturgradstunden und Innentemperaturverläufe:

Raum	Übertemperaturgradstunden	Anforderung < 500 Kh/a
Foyer	354	**Erfüllt**

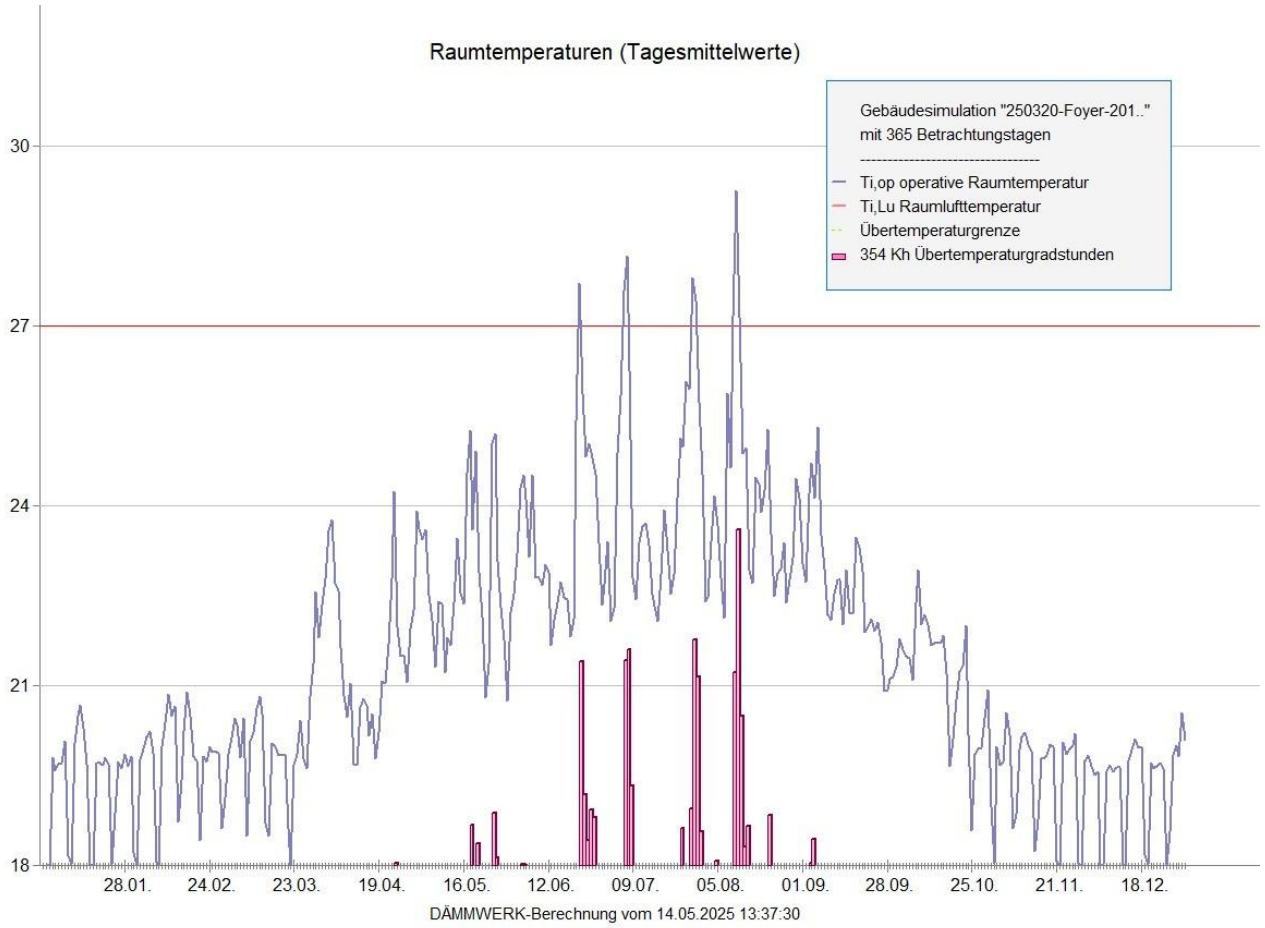


Abbildung 1: Innentemperaturverlauf – Jahresverlauf

Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz – Foyer (Dortmunder Immobilien Standard)

Der Nachweis für den Raum wird mit folgenden Randbedingungen nach DIN 4108-2:2013 durchgeführt, die anzusetzen sind, unabhängig von tatsächlichen Gegebenheiten:

Randbedingung	Angesetzte Werte nach DIN 4108-2 für Nichtwohngebäude
Grundfläche	310,82 m²
Mittlere Raumhöhe	5,40 m
Nutzungszeit	Montag – Sonntag, 7-18 Uhr
Klimaregion	C
Wetterdatensatz	Testreferenzwetter des Deutschen Wetterdienstes, **2034** TRY-Zone 05, Normaljahr
Beginn der Simulationsrechnung	1.Januar, 0 Uhr, keine Feiertage berücksichtigt, Sommer- und Winterzeit
Interne Wärmeeinträge	Nichtwohngebäude, 144 Wh/(m²d), bezogen auf Nettogrundfläche, konstanter Wärmeeintrag in Nutzungszeit, 100% konvektiv
Soll-Raumtemperatur	Nichtwohngebäude, 21°C im Heizfall
Grundluftwechsel	n = 1,41 h^{-1} in Nutzungszeit
Nachtluftwechsel	n = 0,24 h^{-1} in Nicht-Nutzungszeit
Erhöhter Tagluftwechsel	n = 3,0 h-1 (über RLT-Anlage), wenn Innentemperatur > 23°C und Innentemperatur > Außentemperatur in Nutzungszeit
Erhöhter Nachtluftwechsel	n = 5,0 h-1 (über RLT-Anlage), wenn Innentemperatur > 23°C und Innentemperatur > Außentemperatur in Nutzungszeit
Sonnenschutz	-
Verglasung	g ≤ 0,37 Sonnenschutzverglasung
Erforderliche passive Kälte	Adiabate Abluftkühlung (Kühlleistung ≥ 8.900 W)
Bauliche Verschattung	Vordach

Aus der thermischen Simulation ergeben sich für den Raum folgende Übertemperaturgradstunden und Innentemperaturverläufe:

Raum	Übertemperaturgradstunden	Anforderung < 500 Kh/a
Foyer	434	**Erfüllt**

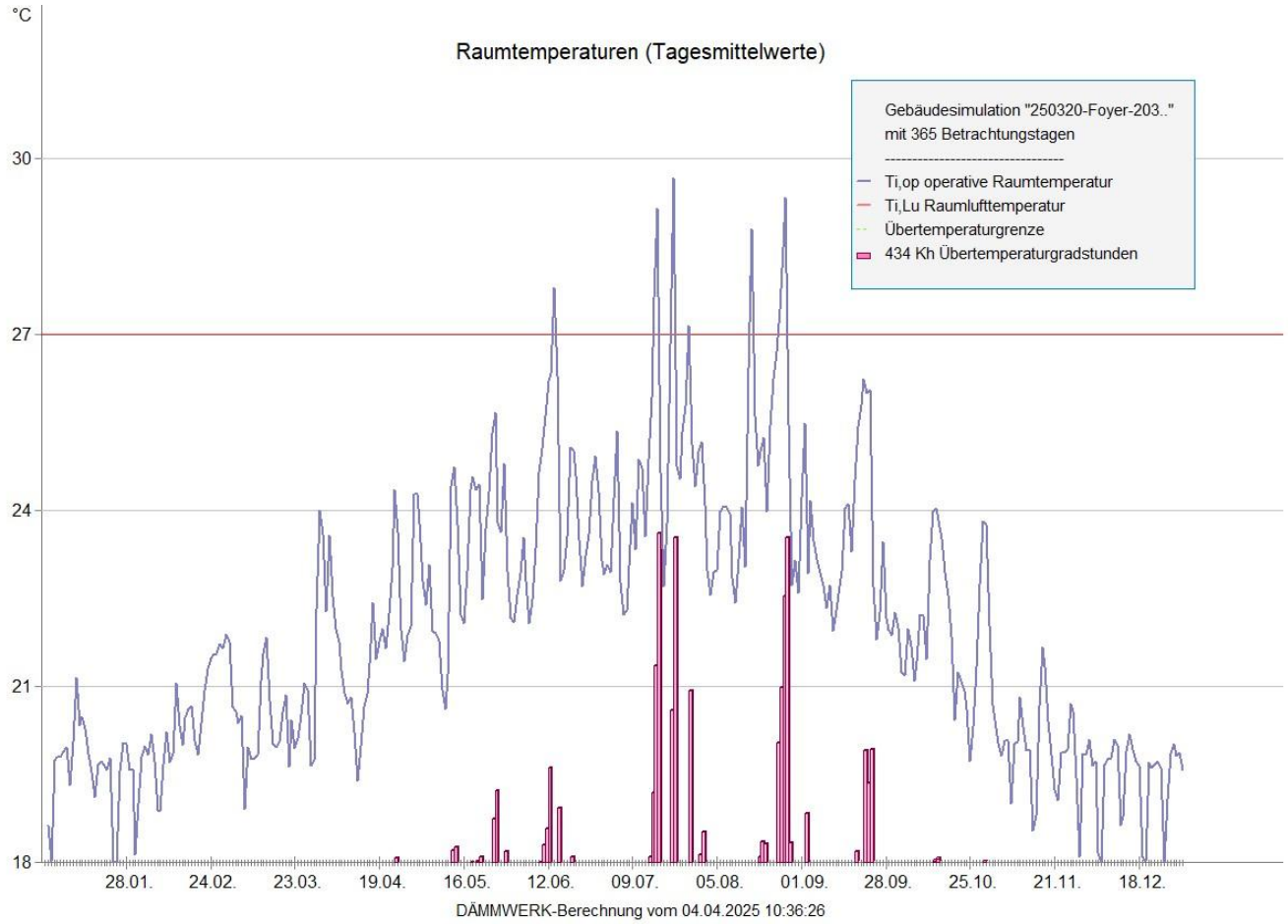


Abbildung 2: Innentemperaturverlauf – Jahresverlauf

Anlage 4: Ausführliche Berechnung nach DIN V 18599

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: WERK

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 6946:2008, 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 "WERK"

Nachweisverfahren
Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten
mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)
mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018
Referenzberechnung: WERK-Referenz.dwe

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

.....

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar, ϑ_e = 1,0 °C

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m²	V_i m³
<1> Büro	202 Gruppenbüro	250	19,9	17,3	292	914
<2> Besprechungsräume	204 Besprechung,	250	19,9	17,3	471	1628
<3> Sanitär / Küche	216 WC und Sanit	250	19,9	17,3	188	643
<4> Nebenfläche	218 Nebenflächen	250	16,2	14,1	938	3218
<5> Foyer	224 Foyer (Theat	250	15,5	13,9	315	1099
<6> Ausstellung	227 Ausstellungs	250	21,0	21,0	789	2755
					2.994	10.257

Gebäude, A_{NGF} = 2993,7 m², n_G = 2 Geschosse (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

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 (Umax-Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche		Zone	A m²	U W/(m²K)	F_x	Anmerkungen	H_T W/K
Hüllfläche							
Bezeichnung							
AW1	-	3:0	48,6	0,233	0,75 F_{wb}	51 19 25 13	8,5
So1	-	3:0	265,9	0,217	L_s	50 31	31,7
FD1	-	3:0	232,9	0,137	1,00 F_D	50	31,9
AW1	-	4:0	388,1	0,233	0,75 F_{wb}	51 19 25 13	67,8
AW1	-	2:0	41,4	0,233	0,75 F_{wb}	51 19 25 13	7,2
AW2	*SW*	2:0	17,6	0,243	1,00 F_{AW}	50	4,3
AW11	*NW*	2:0	17,9	0,150	1,00 F_{AW}	50	2,7
Fe1	*NW*	2:0	68,7	1,000	1,00 F_F	50 02	68,7
AW2	*NO*	2:0	17,5	0,243	1,00 F_{AW}	50	4,3
So1	-	2:0	484,0	0,217	L_s	50 31	57,8
FD1	-	2:0	456,7	0,137	1,00 F_D	50	62,6
So1	-	4:0	813,4	0,217	L_s	50 31	97,1
FD1	-	4:0	675,7	0,137	1,00 F_D	50	92,6
AW2	*N*	4:0	9,6	0,243	1,00 F_{AW}	50	2,3
AW11	*N*	6:0	19,8	0,150	1,00 F_{AW}	50	3,0
AW1	-	6:0	70,3	0,233	0,75 F_{wb}	51 19 25 13	12,3
Fe2	*N*	6:0	25,1	1,000	1,00 F_F	50 02	25,1
So1	-	6:0	1068,1	0,217	L_s	50 31	127,5
FD1	-	6:0	1060,1	0,137	1,00 F_D	50	145,2
AW7	*N*	4:0	30,0	0,166	1,00 F_{AW}	50	5,0
AW7	*W*	4:0	16,8	0,166	1,00 F_{AW}	50	2,8
AW7	*S*	4:0	20,6	0,166	1,00 F_{AW}	50	3,4
AT1	*S*	4:0	6,9	1,600	1,00 F_{AW}	74 09 50	11,1
AW2	*W*	6:0	10,2	0,243	1,00 F_{AW}	50	2,5
AW2	*O*	6:0	19,0	0,243	1,00 F_{AW}	50	4,6
AW7	*O*	6:0	85,3	0,166	1,00 F_{AW}	50	14,2
AW5	-	6:0	13,6	0,340	1,00 F_{AW}	50 19 25 13	4,6
AW7	*N*	6:0	32,6	0,166	1,00 F_{AW}	50	5,4
AW3	*W*	4:0	6,3	0,152	1,00 F_{AW}	50	1,0
AW5	-	4:0	8,8	0,340	0,65 F_{wb}	51 19 25 13	1,9
AW3	*W*	2:0	20,3	0,152	1,00 F_{AW}	50	3,1
AW5	-	2:0	5,0	0,340	1,00 F_{AW}	50 19 25 13	1,7
AW3	*W*	1:0	53,2	0,152	1,00 F_{AW}	50	8,1
AW5	-	1:0	6,0	0,340	1,00 F_{AW}	50 19 25 13	2,0
Fe1	*W*	4:0	14,1	1,000	1,00 F_F	50 02	14,1
Fe1	*W*	2:0	7,4	1,000	1,00 F_F	50 02	7,4
Fe1	*W*	1:0	14,9	1,000	1,00 F_F	50 02	14,9
So1	-	1:0	163,9	0,217	L_s	50 31	19,6
AW3	*W*	3:0	30,3	0,152	1,00 F_{AW}	50	4,6
AW5	*W*	3:0	1,1	0,340	1,00 F_{AW}	50 19 25 13	0,4
AW3	*O*	4:0	58,8	0,152	1,00 F_{AW}	50	8,9
AW3	*O*	1:0	66,9	0,152	1,00 F_{AW}	50	10,2
Fe2	*O*	1:0	67,0	1,000	1,00 F_F	50 02	67,0
Fe2	*O*	4:0	7,4	1,000	1,00 F_F	50 02	7,4
AT1	*O*	4:0	3,4	1,600	1,00 F_{AW}	74 09 50	5,5
AT1	*N*	4:0	5,3	1,600	1,00 F_{AW}	74 09 50	8,5
AW8	*S*	4:0	32,7	0,153	1,00 F_{AW}	50	5,0
Fe2	*S*	4:0	4,0	1,000	1,00 F_F	50 02	4,0
AW8	*S*	3:0	40,9	0,153	1,00 F_{AW}	50	6,3
AW5	-	3:0	3,4	0,340	1,00 F_{AW}	50 19 25 13	1,2

AW8	*S*	2:0	44,4	0,153	1,00	F_{AW}	50				6,8
Fe2	*S*	2:0	4,0	1,000	1,00	F_F	50	02			4,0
AT1	*S*	2:0	12,3	1,600	1,00	F_{AW}	74	09	50		19,7
Fe2	*S*	3:0	6,4	1,000	1,00	F_F	50	02			6,4
AW8	*S*	6:0	79,7	0,153	1,00	F_{AW}	50				12,2
Fe2	*S*	6:0	9,8	1,000	1,00	F_F	50	02			9,8
AT1	*S*	6:0	6,2	1,600	1,00	F_{AW}	74	09	50		9,8
DF1	–	6:0	8,0	1,600	1,00	F_F	70	50	02		12,8
Fe3	*SO*	5:0	193,8	1,000	1,00	F_F	50	02			193,8
AW5	–	5:0	14,1	0,340	1,00	F_{AW}	50	19	25	13	4,8
AW8	*S*	5:0	5,4	0,153	1,00	F_{AW}	50				0,8
AW9	*SW*	5:0	31,0	0,494	1,00	F_{AW}	50				15,3
AT1	*SW*	5:0	11,0	1,600	1,00	F_{AW}	74	09	50		17,6
Fe3	*SW*	5:0	51,0	1,000	1,00	F_F	50	02			51,0
So1	–	5:0	339,0	0,217		L_S	50	31			40,5
FD2	–	5:0	339,0	0,167	1,00	F_D	50				56,6
AW10	*NW*	5:0	32,2	0,340	1,00	F_{AW}	50				11,0
Fe3	*NW*	5:0	14,1	1,000	1,00	F_F	50	02			14,1
AW10	*O*	5:0	6,4	0,340	1,00	F_{AW}	50				2,2
Fe2	*W*	4:0	14,8	1,000	1,00	F_F	50	02			14,8
Fe2	*W*	1:0	14,9	1,000	1,00	F_F	50	02			14,9
Fe2	*W*	2:0	7,4	1,000	1,00	F_F	50	02			7,4
AW3	*N*	3:0	28,0	0,152	1,00	F_{AW}	50				4,3
AW3	*N*	4:0	8,1	0,152	1,00	F_{AW}	50				1,2
Fe3	*N*	4:0	3,1	1,000	1,00	F_F	50	02			3,1
AW3	*N*	1:0	22,8	0,152	1,00	F_{AW}	50				3,5
AW3	*S*	4:0	56,9	0,152	1,00	F_{AW}	50				8,7
Fe3	*S*	4:0	3,2	1,000	1,00	F_F	50	02			3,2
FD2	–	4:0	113,2	0,167	1,00	F_D	50				18,9
FD2	–	1:0	177,2	0,167	1,00	F_D	50				29,6
FD2	–	2:0	26,8	0,167	1,00	F_D	50				4,5
FD2	–	3:0	30,0	0,167	1,00	F_D	50				5,0
AT1	*S*	3:0	6,2	1,600	1,00	F_{AW}	74	09	50		9,8
AW6	*S*	6:0	10,4	0,199	1,00	F_{AW}	50				2,1
AW6	*W*	6:0	10,4	0,199	1,00	F_{AW}	50				2,1
AW6	*O*	6:0	10,4	0,199	1,00	F_{AW}	50				2,1
AW6	*N*	6:0	10,4	0,199	1,00	F_{AW}	50				2,1
Fe1	*S*	6:0	38,2	1,000	1,00	F_F	50	02			38,2
Fe1	*W*	6:0	38,2	1,000	1,00	F_F	50	02			38,2
Fe1	*N*	6:0	38,2	1,000	1,00	F_F	50	02			38,2
Fe1	*O*	6:0	38,2	1,000	1,00	F_F	50	02			38,2

Σ A [m²] = 8.552,2 Σ H_T [W/K] = 1.887,9

Bodenplattenmaß B´ (25) = A_G / (0.5 P) = 3247,61 / 186,61 = 17,40 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).
09 Außentür
13 Wand des beheizten Kellers.
19 Temperatur-Korrekturfaktoren Fx für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
25 Fx-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B´ nach EN ISO 13370.
31 Der thermische Leitwert L_S für die Bodenplatte auf Erdreich wurde nach EN ISO 13370 gesondert berechnet (sh. Bauteilberechnung).
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.
70 Dachflächenfenster
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
$H_{T,WB}$ = 827,4 W/K (43,8 %, 0,097 W/(m²K)), 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	Σ H_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
<1> Büro	209	20	0	228	0	0
<2> Besprechungsräume	318	65	0	383	0	0
<3> Sanitär / Küche	137	40	0	177	0	0
<4> Nebenfläche	432	167	0	599	0	0
<5> Foyer	471	40	0	511	0	0
<6> Ausstellung	677	140	0	817	0	0
	2243	472		2715		

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient
$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + Fx * H_{T,iu} + Fx * H_{T,s}) / A = 2.715,2 / 8.552,2 =$ **0,32 W/(m²K)**

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 T_i ≥ 19°C		0,13	1,00		1,60
Zonen T_i < 19°C		0,14	1,00		

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: U = 1,00 W/(m²K) = 1,50 W/(m²K) -33,3%

2.4 Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert W/(m²K)	U/U_{EnEV}	Fläche A m²		H_T W/K	
Außentür (AT1)	1,600		51	1 %	82	4 %
Außenwand-Aluminiumfassade	0,243		74	1 %	18	1 %
Außenwand-Foyer (AW9)	0,494		31	0 %	15	1 %
AußenwandAtrium (AW6)	0,199		42	0 %	8	0 %
Außenwand Foyer Nord (AW10	0,340		39	0 %	13	1 %
Außenwand gegen Erdreich (	0,233		548	6 %	96	5 %
Außenwand gegen Erdreich,	0,340		52	1 %	17	1 %
AußenwandLehm (AW8)	0,153		203	2 %	31	2 %
AußenwandLichthof (AW7)	0,166		185	2 %	31	2 %
Außenwand Unterzug + Alumi	0,150		38	0 %	6	0 %
Außenwand-Verwaltung (AW3)	0,152		352	4 %	53	3 %
Bodenplatte (So1)	0,217		3134	37 %	374	20 %
Dachoberlicht eckig (DF1)	1,600		8	0 %	13	1 %
Fenster (Fe2)	1,000		161	2 %	161	9 %

Grün-Flachdach (FD1)	0,137	2425	28 %	332	18 %
Metall-Flachdach (FD2)	0,167	686	8 %	115	6 %
Pfosten-Riegel-Fassade, Fo	1,000	265	3 %	265	14 %
Pfosten-Riegel-Fassade, Ho	1,000	258	3 %	258	14 %
		8552	100 %	1.888	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 h^{-1}
Nettoraumvolumen > 1.500 m³ $\Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 2{,}5*8552 / 10257 = 2{,}08$ (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
<1> Büro	-	1,61	4,00	1,28	0,11	0,10	1,28	13
<2> Besprechungsrä	-	1,89	15,00	4,34	0,13	0,10	4,34	13
<3> Sanitär / Küch	-	2,70	15,00	4,39	0,19	0,10	4,39	13
<4> Nebenfläche	-	1,79	0,15	0,04	0,13	0,10	0,04	13
<5> Foyer	-	2,36	25,00	7,16	0,17	0,10	7,16	6
<6> Ausstellung	-	2,45	2,00	0,57	0,17	0,10	0,57	24
⇒ WE-Betrieb ...								
<1> Büro			0,00	0,00	0,11	0,10		
<2> Besprechungsräume			0,00	0,00	0,13	0,10		
<3> Sanitär / Küche			0,00	0,00	0,19	0,10		
<4> Nebenfläche			0,00	0,00	0,13	0,10		
<5> Foyer			0,00	0,00	0,17	0,10		
<6> Ausstellung			0,00	0,00	0,17	0,10	-	-

Zone <1> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 1169 / 1169 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
Zone <2> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 7066 / 7066 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
Zone <3> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 2824 / 2824 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
Zone <4> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 141 / 141 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
Zone <5> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 7873 / 7873 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
Zone <6> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 1579 / 1579 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A * A_{NGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} * e_{wind} * f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
$n_{inf} = n_{50} * e_{wind} * f_{ATD} * (1 + (1 - f_e) * t_{V,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{win,min} + \Delta n_{win} * t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} * t_{V,mech} / 24$
mit $n_{win,min}$ = 0.1, in Wohngebäuden $n_{win,min}$ = saisonal nach Gl.77
$\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) * n_{inf} - 0.1$ (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 m³	$H_{V,z,Jan}$ W/K	$H_{V,inf}$ W/K	$H_{V,win}$ W/K	Σ H_V W/K	$H_{V,mech}$ W/K	$\vartheta_{V,Jan}$ °C

<1> Büro	914	0	35	31	66	215 18,0
<2> Besprechungsräum	1.628	0	73	55	129	1301 18,0
<3> Sanitär / Küche	643	0	41	22	63	520 18,0
<4> Nebenfläche	3.218	0	137	109	246	26 18,0
<5> Foyer	1.099	0	62	37	99	669 22,0
<6> Ausstellung	2.755	0	161	94	254	537 18,0
		0	509	349	858	3269

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Büro	0	35	31	66
<2> Besprechungsräume	0	73	55	129
<3> Sanitär / Küche	0	41	22	63
<4> Nebenfläche	0	137	109	246
<5> Foyer	0	62	37	99
<6> Ausstellung	0	161	94	254
	0	509	349	858

$H_{V,z}$ = V * 0.34 [W/K] = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = n * V * $c_{p,a}$ * ρ_a = n * V * 0.34 [W/K]
$H_{V,win,ohne\ RLT}$ = $f_{win,seasonal}$ * HV,win = (0.04*θ_e+0.8) * HV,win [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	$I_{S,Jan/Jul}$ W/m²	$g_{eff,Jan/Jul}$ %		$Q_{S,Jan/Jul}$ kWh/d
Fe1	2	48,07	11/ 95	29/ 29	7100	3,7/ 32,0
Fe2	6	17,57	10/ 81	42/ 42	"	1,8/ 14,4
Fe1	4	9,87	17/ 117	29/ 22	7104m	1,2/ 6,2
Fe1	2	5,20	17/ 117	29/ 22	"	0,6/ 3,3
Fe1	1	10,40	17/ 117	29/ 22	"	1,2/ 6,5
Fe2	1	46,87	25/ 138	29/ 22	"	8,2/ 34,6
Fe2	4	5,20	25/ 138	42/ 42	7100	1,3/ 7,3
Fe2	4	2,81	59/ 113	42/ 42	"	1,7/ 3,2
Fe2	2	2,81	59/ 113	29/ 15	7104m	1,2/ 1,1
Fe2	3	4,47	59/ 113	42/ 42	7100	2,7/ 5,1
Fe2	6	6,88	59/ 113	42/ 20	7104m	4,1/ 3,8
DF1	6	5,60	29/ 210	57/ 57	7100	2,2/ 16,0
Fe3	5	135,65	50/ 132	27/ 27	"	43,9/115,9
Fe3	5	35,70	40/ 120	27/ 27	"	9,3/ 27,7
Fe3	5	9,87	11/ 95	27/ 27	"	0,7/ 6,1
Fe2	4	10,35	17/ 117	42/ 42	"	1,8/ 12,3
Fe2	1	10,40	17/ 117	29/ 22	7104m	1,2/ 6,5
Fe2	2	5,20	17/ 117	29/ 22	"	0,6/ 3,3
Fe3	4	2,19	10/ 81	42/ 42	7100	0,2/ 1,8
Fe3	4	2,27	59/ 113	42/ 42	"	1,4/ 2,6
Fe1	6	34,35	59/ 113	25/ 25	"	12,1/ 23,1
Fe1	6	34,38	17/ 117	25/ 25	"	3,5/ 23,9
Fe1	6	34,38	10/ 81	25/ 25	"	2,0/ 16,6
Fe1	6	34,38	25/ 138	25/ 25	"	5,1/ 28,2
		515,20				112/ 402

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"
Q_S = Strahlungsgewinn pro Tag = A * F_F * g_{eff} * I_S * t mit g_{eff} = f(F_S, F_w, g⊥) (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen
7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz
7104: aus dem Bauteilbezug, Außenjalousie 45° grau
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

$g_{eff} = F_S * F_W * F_V * g_{tot}$ = 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
$g_{eff} = F_W * F_V * (a * g_{tot} + (1-a) * g\perp)$ 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

nicht bilanziert

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Büro	1.162	771	280	172	331	364	962	11.676
<2> Besprechun	760	463	196	115	189	244	591	8.518
<3> Sanitär /	167	149	53	41	83	60	138	1.581
<4> Nebenfläch	762	530	200	130	234	239	613	7.996
<5> Foyer	3.771	3.106	1.083	798	1.669	1.298	3.120	39.307
<6> Ausstellun	2.768	2.027	780	516	955	951	2.242	29.620
	9.389	7.045	2.592	1.771	3.461	3.156	7.666	98.698

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
<1> Büro	292	8,8	12,6	0,0	21,3
<2> Besprechungsräume	471	43,8	3,8	0,0	47,6
<3> Sanitär / Küche	188	-	-	0,0	0,0
<4> Nebenfläche	938	-	-	0,0	0,0
<5> Foyer	315	27,7	-	0,0	27,7
<6> Ausstellung	789	22,1	-	0,0	22,1
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Büro		-	-	0,0	0,0
<2> Besprechungsräume		-	-	0,0	0,0
<3> Sanitär / Küche		-	-	0,0	0,0
<4> Nebenfläche		-	-	0,0	0,0
<5> Foyer		-	-	0,0	0,0
<6> Ausstellung		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m³/hW	$Q_{I,L}$ kWh/d	$Q_{I,h}$ kWh/d	$Q_{I,w}$ kWh/d	$Q_{I,rv}$ kWh/d
<1> Büro	0,0	9,6	1,3	0,0	0,0
<2> Besprechungsräume	0,0	14,6	2,1	0,0	0,0

<3> Sanitär / Küche	0,0	3,8	0,8	0,0	0,0
<4> Nebenfläche	0,0	1,9	4,1	0,0	0,0
<5> Foyer	0,0	2,5	1,4	0,0	0,0
<6> Ausstellung	0,0	12,7	3,5	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
$Q_{I,h}$ = ungeregelte Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme
$Q_{I,w}$ = ungeregelte Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme
$Q_{I,rv}$ = 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
<1> Büro	228	66	215	156	43	0,276
<2> Besprechungsräume	383	129	1301	310	71	0,228
<3> Sanitär / Küche	177	63	520	140	7	0,054
<4> Nebenfläche	599	246	26	348	14	0,041
<5> Foyer	511	99	669	226	85	0,377
<6> Ausstellung	817	254	537	553	69	0,125

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a –	η –	η_{WE}
<1> Büro	50	509	28,68	2,79	0,980	1,000
<2> Besprechungsräume	50	1813	12,99	1,81	0,946	1,000
<3> Sanitär / Küche	50	760	12,38	1,77	0,995	1,000
<4> Nebenfläche	50	871	53,81	4,36	1,000	1,000
<5> Foyer	50	1279	12,31	1,77	0,881	0,970
<6> Ausstellung	50	1608	24,55	2,53	0,995	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 γ=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
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	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,2}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,3	20,0	19,9
$T_{i,3}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,3	20,0	19,9
$T_{i,4}$	°C	16,2	16,3	16,4	16,6	16,9	17,0	17,1	17,1	16,9	16,6	16,4	16,2
$T_{i,5}$	°C	15,5	15,6	15,9	16,3	16,7	17,0	17,2	17,1	16,7	16,3	15,8	15,5
$T_{i,6}$	°C	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
⇒ 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	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i,3}$	°C	17,3	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i,4}$	°C	14,1	14,2	14,8	15,6	16,5	16,9	17,4	17,3	16,5	15,6	14,6	14,1
$T_{i,5}$	°C	13,9	14,1	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,6	14,5	13,9
$T_{i,6}$	°C	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0

7.1 Zone <1> Büro

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 $\vartheta_{h,Jan}$ = 19,9 °C und Q_I = 21,3 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) 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}		0,728	0,903	0,974	0,985	0,980	0,976	0,932	0,739
$\eta_{source,WE}$		0,803	0,988	1,000	1,000	1,000	1,000	0,992	0,782
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	334	259	251	259	259	234	259	3.130
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.879
$Q_{h,b,RE}$	kWh	355	1.063	1.962	2.515	2.415	2.042	1.576	13.099
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	145	574	808	752	614	352	3.245
Q_T	kWh	997	1.769	2.515	3.091	3.076	2.653	2.507	20.743
Q_V	kWh	426	762	950	1.105	1.101	963	959	7.328
Q_S^*	kWh	873	717	275	170	326	358	915	7.561
Q_I^*	kWh	458	606	655	704	684	603	623	5.847

η_{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 (tnutz < 365)
monatliche Heizzeit t_h nach Anhang D, Transmissionsverluste Q_T und Lüftungsverluste Q_V
solare Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S * \eta$ und interne Wärmegewinne $Q_I^* = Q_I * \eta$
Heizwärmebedarf $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S * \eta - Q_I * \eta$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone <2> Besprechungsräume

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 19,9 °C und Q_I = 47,6 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) 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}		0,761	0,898	0,936	0,949	0,946	0,941	0,918	0,752
$\eta_{source,WE}$		0,985	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,905
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	250	417	404	417	417	377	417	4.133
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.540
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.292	3.249	4.376	5.212	5.160	4.460	4.201	31.611
$Q_{h,b,WE}$	kWh	146	556	1.122	1.496	1.463	1.220	980	7.372
Q_T	kWh	1.669	2.960	4.209	5.173	5.148	4.440	4.195	34.713
Q_V	kWh	1.376	2.485	2.725	2.973	2.968	2.641	2.787	19.410
Q_S^*	kWh	632	430	187	111	182	234	558	5.970
Q_I^*	kWh	975	1.211	1.249	1.327	1.310	1.166	1.243	11.923

7.3 Zone <3> Sanitär / Küche

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 19,9 °C und Q_I = 0,0 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 17,3 °C und Q_I = 0,0 kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,964	0,987	0,995	0,996	0,995	0,995	0,991	0,939
$\eta_{source,WE}$		0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	102	167	161	167	167	151	167	1.484
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.490
$Q_{h,b,RE}$	kWh	985	1.898	2.441	2.849	2.812	2.470	2.410	18.694
$Q_{h,b,WE}$	kWh	141	310	566	734	716	615	532	4.162
Q_T	kWh	770	1.366	1.943	2.387	2.375	2.049	1.936	16.019
Q_V	kWh	601	1.083	1.217	1.345	1.342	1.190	1.241	8.811
Q_S^*	kWh	163	148	53	41	83	59	137	1.490
Q_I^*	kWh	81	94	100	109	107	95	99	1.045

7.4 Zone <4> Nebenfläche

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 16,2 °C und Q_I = 0,0 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 14,1 °C und Q_I = 0,0 kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,763
$\eta_{source,WE}$		0,964	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,751
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	399	569	804	831	831	750	831	6.064
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	6.092
$Q_{h,b,RE}$	kWh	853	3.162	5.637	7.171	7.063	6.032	5.311	38.827
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	470	1.137	1.711	1.663	1.363	954	7.606
Q_T	kWh	1.059	3.039	5.059	6.524	6.484	5.527	4.984	37.028
Q_V	kWh	404	1.231	2.061	2.661	2.645	2.254	2.030	14.813
Q_S^*	kWh	747	530	200	130	234	239	613	5.023
Q_I^*	kWh	69	109	146	173	169	147	137	1.121

7.5 Zone <5> Foyer

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 15,5 °C und Q_I = 27,7 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 13,9 °C und Q_I = 0,0 kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,286	0,655	0,887	0,934	0,881	0,887	0,730	0,506
$\eta_{source,WE}$		0,249	0,678	0,980	0,994	0,970	0,976	0,831	0,532
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	271	799	270	279	279	252	279	3.550
t_h	h	46	193	720	744	744	672	693	4.052
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	-	527	1.477	991	811	-	3.806
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	818	1.312	1.039	907	299	4.375
Q_T	kWh	871	2.499	4.160	5.365	5.332	4.545	4.099	30.451
Q_V	kWh	-1.564	-1.458	-1.239	-1.175	-1.179	-1.091	-1.300	-16.955
Q_S^*	kWh	1.034	1.891	992	760	1.518	1.188	2.377	13.735
Q_I^*	kWh	177	388	584	641	605	548	495	3.939

7.6 Zone <6> Ausstellung

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 21,0 °C und Q_I = 22,1 kWh/d
Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan}$ = 21,0 °C und Q_I = 0,0 kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,855	0,965	0,995	0,997	0,995	0,995	0,980	0,813
$\eta_{source,WE}$		0,935	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	0,863
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.549
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.879	4.983	8.418	10.624	10.279	8.788	7.442	58.346
$Q_{h,b,WE}$	kWh	805	2.234	3.832	4.849	4.686	4.002	3.362	26.295
Q_T	kWh	3.940	6.989	9.939	12.215	12.154	10.484	9.906	81.961
Q_V	kWh	1.810	2.970	3.890	4.625	4.606	4.006	3.906	32.345
Q_S^*	kWh	2.436	1.974	778	515	952	948	2.209	22.014
Q_I^*	kWh	630	767	801	853	843	753	798	7.664

7.7 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)
<1> Büro	20.743	7.328	7.561	5.847	16.344	55,9
<2> Besprechungsräu	34.713	19.410	5.970	11.923	38.983	82,7
<3> Sanitär / Küche	16.019	8.811	1.490	1.045	22.856	121,4
<4> Nebenfläche	37.029	14.813	5.023	1.121	46.433	49,5
<5> Foyer	30.451	-16.955	13.735	3.939	8.181	26,0
<6> Ausstellung	81.962	32.345	22.014	7.664	84.641	107,2
	220.915	65.752	55.793	31.540	217.439	72,6

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

Betrachtungsmonat Januar, θ_e = 1,0 °C

Zone	Feuchteanf.	No	Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP,Jan}$ °C
<1> Büro	-	204	RLT-Anlage	VE LH rec75	18,0
<2> Besprechungsräume	-	204	RLT-Anlage	VE LH rec75	18,0
<3> Sanitär / Küche	-	204	RLT-Anlage	VE LH rec75	18,0
<4> Nebenfläche	-	204	RLT-Anlage	VE LH rec75	18,0
<5> Foyer	-	204	RLT-Anlage	VE LH LK rec75	22,0
<6> Ausstellung	-	204	RLT-Anlage	VE LH rec75	18,0

Anlagen unterstützt mit indirekter Verdunstungskühlung in den Zonen: <5> Foyer

Zone <1> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 1169 / 1169 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
Zone <2> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 7066 / 7066 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
Zone <3> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 2824 / 2824 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
Zone <4> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 141 / 141 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
Zone <5> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 7873 / 7873 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
Zone <6> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP/ETA}$ = 1579 / 1579 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Feuchteanforderung mT / oT = mit / 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

	$V_{mech,m}$ m³/h	t_V*d_V h/m	$p_{V,SUP}$ kW	$p_{V,ETA}$ kW	$W_{V,Jan}$ kWh
<1> Büro	1169	276	0,49	0,33	224
<2> Besprechungsräume	7066	276	2,95	1,96	1.355
<3> Sanitär / Küche	2824	276	1,18	0,79	542
<4> Nebenfläche	141	276	0,06	0,04	27
<5> Foyer	7873	127	3,28	2,19	697
<6> Ausstellung	1579	744	0,66	0,44	816

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<1> Büro	217	224	217	224	224	203	224	2.642
<2> Besprechung	1.312	1.355	1.312	1.355	1.355	1.224	1.355	15.959
<3> Sanitär / K	524	542	524	542	542	489	542	6.379
<4> Nebenfläche	26	27	26	27	27	24	27	319
<5> Foyer	675	697	675	697	697	630	697	8.209
<6> Ausstellung	790	816	790	816	816	737	816	9.610
	3.544	3.662	3.544	3.662	3.662	3.308	3.662	43.117

$V_{mech,m}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen
t_V*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/m³	f_H	q_H Wh/m³	$Q_{V,H}$ kWh	$A_{K,A}$ m²
<1> Büro	19,4	143	1,01	107	125	0,0
<2> Besprechungsräume	19,4	143	1,01	107	757	0,0

<3> Sanitär / Küche	19,4	143	1,01	107	303	0,0
<4> Nebenfläche	19,4	143	1,01	107	15	0,0
<5> Foyer	23,4	495	0,95	161	1.268	0,0
<6> Ausstellung	19,4	143	1,06	208	328	0,0

Kennwerte für Zuluftkühlung im Juli

	Alt	$q_{C,12h}$ Wh/m³	f_C	q_C Wh/m³	$Q_{V,C}$ kWh	$A_{K,A}$ m²
<5> Foyer	indir	2	1,07	1	6	0,0

Indizierungen (i) für die Bilanzgrößen: H = Heizen, C = Kühlen, St = Befeuchten
Alt = Klimaprozesse mit alternativer Kälteerzeugung nach DIN V 18599-3:2018 mit "indir" = Kühlbetrieb mit indirekter Verdunstungskühlung nach Abs 7.6.2,
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 <1> Büro

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	14	33	81	124	125	98	74	616
$t_{h*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	270
$Q_{h*,b}$	kWh	15	37	89	137	138	108	81	677
		15	37	89	137	138	108	81	677

Zone <2> Besprechungsräume

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	85	201	487	752	757	593	445	3.723
$t_{h*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	270
$Q_{h*,b}$	kWh	93	221	536	827	833	652	489	4.095
		109	258	625	964	971	760	570	4.772

Zone <3> Sanitär / Küche

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	34	80	195	301	303	237	178	1.488
$t_{h*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	270
$Q_{h*,b}$	kWh	37	88	214	331	333	261	196	1.637
		146	346	839	1.295	1.304	1.021	766	6.408

Zone <4> Nebenfläche

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	2	4	10	15	15	12	9	74
$t_{h*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	270
$Q_{h*,b}$	kWh	2	4	10	17	17	13	9	78
		148	350	848	1.311	1.320	1.034	775	6.487

Zone <5> Foyer

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	82	346	902	1.317	1.268	1.066	820	6.229
$t_{h*,op}$	h	12	13	12	13	13	12	13	112
$Q_{h*,b}$	kWh	90	380	992	1.448	1.395	1.172	902	6.852

		238	731	1.840	2.759	2.715	2.206	1.676	13.339

Zone <6> Ausstellung

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	30	87	211	326	328	257	193	1.575
$t_{h*,op}$	h	49	51	49	51	51	46	51	498
$Q_{h*,b}$	kWh	33	96	232	358	361	282	212	1.733
		271	827	2.072	3.117	3.076	2.489	1.888	15.072

Nutzwärmebedarf $Q_{V,H}$ nach Heizbereichen [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 Fußbodenheizu	271	827	2.072	3.117	3.076	2.489	1.888	15.072
	271	827	2.072	3.117	3.076	2.489	1.888	15.072

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 W/m²

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

Zone <5> Foyer

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{V,C}$	kWh	-	-	-	-	-	3	9	23
$t_{C*,op}$	h	-	-	-	-	-	56	123	404
$Q_{C*,b}$	kWh	-	-	-	-	-	3	9	23
		-	-	-	-	-	3	9	23

Kälteerzeugung siehe Abs.11 Klimakältesysteme
mit $Q_{V,C}$ = Nutzkältebedarf der Zuluftkühlung und $Q_{C*,b}$ = Nutzkältebedarf der Kühlregister
Bedarfszeiten der zentralen Kühlregister $t_{C*,op}$ nach DIN V 18599-7, Gl.10
Korrekturfaktoren für die Kühlregister-Bedarfszeiten:
$f_{T,c,T3\ Abs.7.3,<5>}$ = 1,067 $f_{T,IEC,Tab.B3,<5>}$ = 0,320 (indirekte Verdunstungskühlung)
$Q_{C*,b}$ nach DIN V 18599-7, Gl.7, Leitungsverluste mit $A_{K,A}$ und $f_{vc,d}$ = 9 W/m²

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (28), mit Dachoberlichtern (0)
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	A_{TL} m²	A_{RB} m²	Tageslicht	C_{TL} %

1	R00-01-01-Foyer	S-O	5	300	271,5	161,6	gut	92
2	R00-01-05-Haus der Rose	S-W	2	500	36,5	14,6	gut	83
3	R00-01-06-Flexraum	S-W	2	500	92,3	36,9	gut	83
4	R00-01-20-Dauerausstell	Süd	6	200	16,5	6,1	gut	87
5	R00-01-22-Dauerausstell	Nord	6	200	44,5	9,0	mittel	75
6	R00-01-25-Wchselausstel	Nord	6	200	42,5	14,6	gut	90
7	R00-01-28-Dauerausstell	Nord	6	200	54,5	11,5	mittel	77
8	R00-01-34-Workshop 2	Süd	2	500	26,6	6,4	mittel	74
9	R00-01-35-Workshop 1	Süd	2	500	26,6	7,6	gut	76
10	R00-01-36-Works. Küche	Süd	3	200	23,6	5,9	mittel	82
11	R00-01-38-WC Park Vorra	Süd	3	200	8,2	4,2	gut	88
12	R00-01-42-Technik	Süd	4	100	21,0	2,7	gering	76
13	R00-01-43-Lager	Süd	4	100	24,1	3,4	mittel	78
14	R000-02-01-Treppenhaus	West	4	100	18,1	7,2	gut	89
15	R000-02-05-Besprecher	West	2	500	19,2	7,4	gut	78
16	R000-02-06-Teamraum / T	Ost	4	100	19,2	7,4	gut	88
17	R000-02-07-Großraumbüro	Ost	1	500	57,8	22,3	gut	80
18	R000-02-08-Leitung	West	1	500	19,3	7,4	gut	78
19	R000-02-09-Leitung	West	1	500	19,3	7,4	gut	78
20	R001-03-01-Flur / TH	West	4	100	11,6	7,2	gut	92
21	R001-03-04-Flur	Nord	4	100	12,6	3,1	mittel	82
22	R001-03-05-Doppelbüro	West	1	500	19,2	7,4	gut	79
23	R001-03-06-Doppelbüro	West	1	500	19,3	7,4	gut	79
24	R001-03-07-Besprecher	West	2	500	19,3	7,4	gut	79
25	R001-03-11-Dreierbüro	Ost	1	500	36,9	14,6	gut	80
26	R001-03-12-Doppelbüro	Ost	1	500	19,3	7,4	gut	79
27	R001-03-13-Doppelbüro	Ost	1	500	19,3	7,4	gut	79
28	R001-03-14-Doppelbüro	Ost	1	500	19,3	7,4	gut	79

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	A_{NGF} [m²]	A_{TL} [m²]	A_{KTL} [m²]
<1> Büro	292	229	63
<2> Besprechungsräume	471	220	251
<3> Sanitär / Küche	188	32	156
<4> Nebenfläche	938	107	831
<5> Foyer	315	271	43
<6> Ausstellung	789	158	631

A_{TL} = tageslichtversorgte Fläche = α_{TL} * b_{TL}, bei Dachoberlichtern manueller Ansatz
mit α_{TL} = Tiefe des Tageslichtbereichs = 2.5 * (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 D_{Rb} = max[(4.13 + 20 * l_{Tr} - 1.36 * l_{Rt}) * l_V; 0] (Gl.30),
bei Dachoberlichtern D_j = D_a * τ_{D65} * k * A_{RB} / A_{TL} * η_R (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19
c_{TL} = Tageslichtversorgungsfaktor = $c_{TL,Vers,SNA}$ * (1 - $t_{rel,TL,SA}$) + $c_{TL,Vers,SA}$ * $t_{rel,TL,SA}$ (Gl.31)
c_{TL} bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

	Bereich		C_{TL}	$C_{TL,kon}$	F_{TL} Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1	R00-01-01-Foyer	5	92	60	53	46	41	38	36	35
2	R00-01-05-Haus der	2	83	57	60	54	50	47	45	45
3	R00-01-06-Flexraum	2	83	57	60	54	50	47	45	45
4	R00-01-20-Daueraus	6	87	60	56	50	45	42	40	39
5	R00-01-22-Daueraus	6	75	55	65	60	56	53	52	51
6	R00-01-25-Wchselau	6	90	60	54	48	43	40	38	37
7	R00-01-28-Daueraus	6	77	55	64	59	55	53	51	51
8	R00-01-34-Workshop	2	74	52	68	63	59	57	56	55
9	R00-01-35-Workshop	2	76	52	66	61	58	56	54	54
10	R00-01-36-Works. K	3	82	55	62	57	52	50	48	48

11	R00-01-38-WC Park	3	88	60	55	49	44	41	39	38
12	R00-01-42-Technik	4	76	50	68	63	60	57	56	55
13	R00-01-43-Lager	4	78	50	67	62	59	57	55	55
14	R000-02-01-Treppen	4	89	60	55	48	43	40	38	38
15	R000-02-05-Besprec	2	78	57	62	57	53	50	48	48
16	R000-02-06-Teamrau	4	88	60	55	49	44	41	38	38
17	R000-02-07-Großrau	1	80	57	61	56	52	49	47	47
18	R000-02-08-Leitung	1	78	57	62	57	53	50	48	48
19	R000-02-09-Leitung	1	78	57	62	57	53	50	48	48
20	R001-03-01-Flur /	4	92	60	53	47	42	38	36	36
21	R001-03-04-Flur	4	82	55	62	56	52	50	48	47
22	R001-03-05-Doppelb	1	79	57	62	56	52	49	48	47
23	R001-03-06-Doppelb	1	79	57	62	56	52	49	48	47
24	R001-03-07-Besprec	2	79	57	62	56	52	49	48	47
25	R001-03-11-Dreierb	1	80	57	61	56	51	49	47	46
26	R001-03-12-Doppelb	1	79	57	62	56	52	49	48	47
27	R001-03-13-Doppelb	1	79	57	62	56	52	49	48	47
28	R001-03-14-Doppelb	1	79	57	62	56	52	49	48	47

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

$C_{TL,kon}$ = 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} * C_{TL} * $C_{TL,kon}$;0], Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (6)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

	Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m²	$f_{Prä}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1	<1> Büro	1	500	9-1-2	8,8	0,71	86	1818	148	291
2	<2> Besprechungsr	2	500	9-1-1	6,6	0,53	63	1335	109	309
3	<3> Sanitär / Küc	3	200	9-1-1	3,6	0,55	64	1399	114	81
4	<4> Nebenfläche	4	100	9-1-1	1,3	0,14	19	369	30	40
5	<5> Foyer	5	300	9-1-2	3,8	0,53	1	31	494	52
6	<6> Ausstellung	6	200	9-1-1	2,2	1,00	96	1846	154	268
										1041

9-1-2 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, A_{KL} = 607 m²
Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: Zonen 1/2/3/
9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 2.387 m²
Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: Zonen 1/2/3/

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Ql,f

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Büro	180	196	199	220	204	174	184	2.233
<2> Besprechun	286	303	302	321	309	271	294	3.510
<3> Sanitär /	78	81	79	83	81	73	80	948
<4> Nebenfläch	39	40	39	41	40	36	40	471
<5> Foyer	50	52	51	53	52	47	52	614
<6> Ausstellun	255	266	261	273	268	239	263	3.113
	888	938	930	989	955	840	913	10.888

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 / Beleuchtung vert. Flächen
$t_{T,TL}$ / $t_{T,KTL}$ = 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 * [A_{TL}*($t_{Tag,TL}$ + t_{Nacht}) + A_{KTL}*($t_{Tag,KTL}$ + $t_{eff,Nacht}$)] (Gl.2)

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

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Qsink	Qsource	γ	cwirk	τ	η
<1> Büro	21	77	3,649	50,000	28,68	0,269
<2> Besprechungsräume	37	101	2,735	50,000	12,99	0,326
<3> Sanitär / Küche	17	9	0,514	50,000	12,38	0,823
<4> Nebenfläche	61	35	0,579	50,000	53,81	0,959
<5> Foyer	44	180	4,094	50,000	12,31	0,229
<6> Ausstellung	77	161	2,081	50,000	24,55	0,438

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Qc,b (Raumklima)								
<1> Büro	10	15	18	80	410	617	1.025	5.232
<2> Besprechun	59	64	66	121	282	668	1.423	7.586
<3> Sanitär /	0	1	0	1	3	8	37	296
<4> Nebenfläch	-	-	-	-	-	1	7	53
<5> Foyer	67	170	133	583	1.802	2.431	2.947	17.263
<6> Ausstellun	2	6	5	39	257	660	1.266	6.126
⇒ Qc*,b (RLT)								
<5> Foyer	-	-	-	-	-	3	9	23

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$ und der RLT-Kühlregister $Q_{c*,b}$
$Q_{c,b} = (1 - \eta) * Q_{source}$ 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 Qc,max

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

Zone	tc,op,d h/d	Qc,max,Juli kW	Qc,max,Sept kW	techn. gekühlt
<1> Büro	13	17,0	13,4	nein
<2> Besprechungsräume	13	16,2	7,8	nein
<3> Sanitär / Küche	13	1,8	-0,1	nein
<4> Nebenfläche	13	8,9	4,6	nein
<5> Foyer	6	41,5	39,4	nein
<6> Ausstellung	24	27,0	20,6	nein
		112,4	85,7	

$Q_{c,max} = 0.8 * (Q_{source}-Q_{sink}) * (1 + 0.3*EXP(-\tau/120) - c_{wirk}/60 * (\Delta\theta-2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_c-1)$ (T2, 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	
<1> Büro	vernachlässigt			-	b
<2> Besprechungsräum	vernachlässigt			-	b
<3> Sanitär / Küche	nicht relevant			-	
<4> Nebenfläche	nicht relevant			-	
<5> Foyer	nicht relevant			-	
<6> Ausstellung	vernachlässigt			-	b

$Q_{w,b} = q_{w,b} * d_{mth} * d_{nutz}/365$ * 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 Qh,max

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Büro	7,3	1,1	1169	3,2	11,5
<2> Besprechungsräume	12,3	2,1	7066	19,2	33,5
<3> Sanitär / Küche	5,7	1,0	2824	7,7	14,4
<4> Nebenfläche	19,2	3,9	129	0,4	23,5
<5> Foyer	16,4	1,6	7868	21,4	39,3
<6> Ausstellung	26,1	4,1	1570	4,3	34,5

$Q_{T,max}$ = 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

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

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

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + 0,5 * Q_{V,max} + Q_{V,mech}$ = 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 Fußbodenheizung Nasssystem	100%	*	232.511	156,7	166,1
2					

* = 1/2/3/4/5/6/

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, n<=10, System Nasssystem, 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	6.456	18.070	31.410	40.756	39.040	33.324	27.419	217.439
$Q_{h*,b,<1>}$	kWh	271	827	2.072	3.117	3.076	2.489	1.888	15.072

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 "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone <6> Ausstellung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t_{h} <6>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.549
$t_{h,rL,d}$ <6>	h/d	24	24	24	24	24	24	24	
$d_{h,rB}$ <6>	d/m	30	31	30	31	31	28	31	315
$t_{h,rL}$ <6>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.549

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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) Fußbodenheizung Nasssystem
hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, n<=10, System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce}$ = 0+1,2+(0,7+0,5)/2+0+0,2+0 = 2,00°K (T5 Gl.35)
$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} /(T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (13,0%)

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) Fußbodenheizung Nasssystem									
$Q_{h,b}$	kWh	6.456	18.070	31.410	40.756	39.040	33.324	27.419	217.439
$Q_{h,ce}$	kWh	1.927	3.143	3.717	4.055	3.904	3.489	3.364	28.159
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	8.383	21.213	35.127	44.812	42.944	36.813	30.783	245.599

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

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) Fußbodenheizung Nasssystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 2
Etagenverteilertyp, Flächenheizung, Leitunglängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich}$ = 2993,7 m², Geschosshöhe i.M. = 4,60 m, 2 Geschosse.
Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) θ_{VA} = 35 °C / θ_{RA} = 28 °C, Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur
Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 59 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) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	396,8 m	62,6 m	- 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 $Q_{I,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
$\beta_{h,d}$		0,07	0,18	0,31	0,38	0,37	0,35	0,26	
$\theta_{VL,av}$	°C	22,3	24,0	25,8	26,9	26,6	26,4	25,2	
$\theta_{RL,av}$	°C	21,7	22,5	23,4	23,9	23,8	23,7	23,1	
$Q_{h,d}$	kWh	92	201	311	388	376	324	283	2.262
$W_{h,d}$	kWh	112	146	177	203	199	175	169	1.555
$Q_{I,h,d}$	kWh	92	201	311	388	376	324	283	2.262

Leitungsverluste $Q_{h,d}$ = 0,9 %, ungeregelte Wärmeeinträge $Q_{I,h,d}$ = 0,9 %
Aufteilung $Q_{I,h,d}$: 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 = $\Sigma\ l_i * U_i\ (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) * t_{h,rL,i}/1000$ [kWh] (Gl.52)
$Q_{I,h,d} = Q_{h,d}$ = ungeregelte Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} * e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} * e_{h,d,aux} * ((1.03 * t_{h,rL} + f_{P,A} * (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$ (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) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$	kWh	8.746	22.240	37.511	48.317	46.395	39.626	32.955	262.933

$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d}$ 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

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem
Speicher: zur Wärmepumpe
Speicher-Nenninhalt V = 1597 l, Umgebungstemperatur θ_u = 20,0 °C
Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S}$ = 7,6 kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung f_{con} = 1,20
Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme P_{Pumpe} = 127 W

$Q_{h,s} = f_{con} * (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 * d_{h,mth} * q_{B,S}$ = Speicherverluste (Gl.68)
$Q_{I,h,s} = Q_{h,s}$ bei Aufstellung im beheizten Bereich (ungeregelte Wärmeeinträge, Gl.69)
$W_{h,s} = P_{Pumpe} * \beta_{h,s} * 24 * d_{mth} / 1000$ = Hilfsenergiebedarf (Gl.71)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	23	25	26	26	25	24	
$Q_{h,s}$	kWh	8	18	29	36	35	30	26	208
$W_{h,s}$	kWh	7	18	30	39	38	32	27	213
$Q_{I,h,s}$	kWh	8	18	29	36	35	30	26	208

Aufteilung $Q_{I,h,s}$: nach Grundflächenanteilen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem
Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010
, 166,1 kW
Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,8 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
Stundensummen in den Temperaturklassen nach DIN V 18599-5, Tab.31
COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol}$ = 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 1, Jahresarbeitszahl$_{Hzg}$ = 3,48

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	8.755	22.259	37.540	48.353	46.430	39.656	32.981	263.140
COP		4,67	4,00	3,66	3,42	3,45	3,46	3,67	
$t_{ON,g,d}$	h/d	1,8	4,6	8,5	11,5	11,1	10,3	7,3	
$Q_{h,f}$	kWh	2.195	5.914	10.619	14.509	13.974	11.844	9.398	75.681
$Q_{h,in}$	kWh	6.559	16.345	26.921	33.845	32.457	27.812	23.583	187.459

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 1/2/3/4/5/6 (A_{NGF} = 2.994 m²)
Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	2.195	5.914	10.619	14.509	13.974	11.845	9.398	75.681
W_h	kWh	119	164	207	243	236	207	196	1.768
Strom-Mix	kWh	2.195	5.914	10.619	14.509	13.974	11.845	9.398	75.681
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,3	0,7	1,1	1,3	1,3	1,2	1,0	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,5	1,1	1,8	2,1	2,1	2,0	1,6	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,2	0,4	0,7	0,9	0,8	0,8	0,6	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	1,0	2,2	3,5	4,3	4,1	4,0	3,1	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,4	0,7	1,2	1,4	1,4	1,3	1,0	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,9	1,9	3,0	3,6	3,5	3,3	2,6	

$Q_{h,f}$ = 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

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen
Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach GEG 2024 und DIN V 18599-9:2018
Peakleistung 95 kWp, quadratmeterbezogen 95,00 / (2993,7) = 0,032 kWp/m²
PV-Module Süd 30° Standort Deutschland (Potsdam)
$Q_{f,prod,PV} = E_{sol} * P_{pk} * f_{perf} / I_{ref}$, DIN V 18599-9:2018, Gl.64
$Q_{f,nutz,PV}$ durch monatliche Aufrechnung MIN($Q_{f,prod,PV}$ / Q_{Bedarf}) (anrechenbar)

Strombedarf für Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	6.746	10.678	15.300	19.402	18.827	16.199	14.169	131.454
Stromangebot	kWh	7.249	5.248	1.893	1.240	2.385	2.370	5.773	77.695
anrechenbar	kWh	6.746	5.248	1.893	1.240	2.385	2.370	5.773	55.787

Jahres-Stromproduktion = 77.695 kWh/a, Strombedarf = 131.454 kWh/a, anrechenbar = 55.787 kWh/a

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Heizwärme	*	75.681	1,80	1,00	136.225
Strom-Mix	Beleuchtung	**	10.888	1,80	1,00	19.598
Strom-Mix	Hilfsenergie		44.885	1,80	1,00	80.793
Strom-Mix	Stromgutschrift		-55.787	1,80	1,00	-100.416
		Σ [kWh/Jahr]	75.666			136.200

* = 1/2/3/4/5/6/
** = 1/2/3/4/5/6/

$Q_P = \Sigma\ Q_{f,i} * f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)
Jahres-Primärenergiebedarf q_P = 136.200 / 2.994 = **45,5** kWh/(m²a) (ΣA_{NGF} = 2.994 m²)
Endenergie brennwertbezogen = 75.666 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen
f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1
Endenergiebedarf: Hilfsenergie 15,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 28,9 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -18,6 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
Strom-Mix	75.681	560	42.381	
Strom-Mix	10.888	560	6.097	
Strom-Mix	44.885	560	25.136	
Strom-Mix	-55.787	560	-31.241	
	75.667		42.373	14,2

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
<1> Büro	292	-	2.233	-	-	5.692	7.925
<2> Besprechungsr	471	-	3.510	-	-	13.570	17.080
<3> Sanitär / Küc	188	-	948	-	-	7.956	8.904
<4> Nebenfläche	938	-	471	-	-	16.158	16.629
<5> Foyer	315	-	614	-	-	2.845	3.458
<6> Ausstellung	789	-	3.113	-	-	29.461	32.575
Gebäude	2.994	-	10.888	-	-	75.682	86.569

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	14,4	3,6	0,0	0,0	77,7	95,7
Endenergiebedarf	14,4	3,6	0,0	0,0	25,9	43,9
Primärenergiebedarf	25,9	6,5	0,0	0,0	46,6	79,0

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

15.0 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude
Referenzberechnung = "WERK-Referenz"

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 $q_{P,REF}$ = 152,2 kWh/(m²a), aus der Referenzberechnung
zul q_P = 152,2 - 45% = 83,7 kWh/(m²a), geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024
vorh q_P = 136.200 / 2993,7 = 45,5 kWh/(m²a)

vorh q_P = 45,5 ≤ 83,7 kWh/(m²a), **Grenzwert wird eingehalten**

15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis 65% E r n e u e r b a r e
Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71
Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude	263.140 kWh/a	
genutzte erneuerbare Energien		
1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a	
2. aus elektrischen Wärmepumpen	263.140 kWh/a	
3. aus gasmotorischen Wärmepumpen	- kWh/a	
4. aus Stromdirektheizung	- kWh/a	
5. aus unvermeidbarer Abwärme	- kWh/a	
6. aus Wärmenetzen	- kWh/a	
7. aus Biomasse / Wasserstoff	- kWh/a	
Summe erneuerbare Energien	263.140 kWh/a	100 %

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie DA_{EE} = 263140,2/263140,2*100 = 100% (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

Die Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71 (65,0% erneuerbar) **werden erfüllt**

.....

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020, §§ 34 ff

Nachweis für öffentlich genutzte Gebäude
Wärme- und Kälteenergiebedarf = 75681 + 0 + 187459 = 263.140 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]	263.140	100,0 %	50,0 %	200,0 %
PV-Strom [PV-Strom]	55.787	21,2 %	15,0 %	141,3 %
				341,3 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie
Nachweis mit $HT´_{Grenzwert}$ = $HT´_{Referenzberechnung}$, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung erzielt	Unterschreitung gefordert	Nutzungs-anteil
HT´- Wert	W/(m²K)	0,39	0,32	19,4 %	15,0 %	129,2 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 470,5 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

Die Anforderungen aus dem GEG 2020 Abs.4 **werden erfüllt**

.....

20.0 Bundesförderprogramme (BEG)

Bundesförderprogramme für den Neubau von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:
KFW-Förderprogramme für den klimafreundlichen Neubau von Nichtwohngebäuden ab 1.3.2023,
Effizienzgebäude EG40, GWP_{100} <= Grenzwert kg CO2 Äqu./(m2 a) (LCA, projektspezifisch)

Referenzberechnung = "WERK-Referenz"

Endenergieeinsparung	147.519 kWh/a
Primärenergieeinsparung	114.414 kWh/a
CO2-Einsparung	18.393 kg/a

	Primärenergiebedarf Qp´´ kWh/(m²a)		mittlere U-Werte Opake W/(m²K)	Fenster W/(m²K)	Vorhf. W/(m²K)	Oberl. W/(m²K)	
Referenzberechnung	100 %	152,2					
erreicht Ti >= 19°C	30 %	45,5	0,13	1,00		1,60	
Effizienzgebäude 40	40 %	60,9	0,18	1,00	1,00	1,60	**OK**
erreicht Ti < 19°C	30 %	45,5	0,14	1,00			
Effizienzgebäude 40	40 %	60,9	0,24	1,30	1,30	2,00	**OK**

LCA-Grenzwert GWP_{100} ≤ Anforderung projektspezifisch [kg CO2 Äqu./(m2 a)]

Der Nachweis zur Begrenzung der Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus liegt nicht vor

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

Ein klimafreundliches Nichtwohngebäude KFNWG wird nicht erreicht.