



Abschlussbericht LPH 3

Umbau und Erweiterung der Mensa

Gebäude

Albert-Schweitzer-Schule und Staufenbergsschule
Schwanenweg 3
69123 Heidelberg

Auftraggeberin

Stadt Heidelberg
Hochbauamt
Römerstraße 5
69115 Heidelberg

Ersteller

Erik Röttele
Dipl.-Ing. Architekt
Nachweisberechtigter Wärmeschutz (751169-W-AKH)
Zertifizierter Passivhausplaner

Aufgestellt
24.09.2025

Ergänzt
24.10.2025



Dipl.-Ing Erik Röttele, Architekt



1. Gegenstand und Ausgangssituation

Die allgemeine Baubeschreibung ist dem Phasenabschluss der LPH 3 zu entnehmen. Für o.g. Projekt ist der öffentlich-rechtliche Nachweis zu führen und die thermische Bauphysik beauftragt.

2. Nachweisführung

Zur Nachweisführung dient die Bilanz nach DIN 18599. Mit der Auftraggeberin, der unteren Bauaufsichtsbehörde, dem Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie sowie den Planungsbeteiligten sind folgende Punkte, ist folgendes Vorgehen abgestimmt:

- 2.1 Für die Bilanzierung werden der Bestand und die Erweiterung in einer Energiebilanz geführt und die Neubauanforderungen gem. GEG eingehalten.
- 2.2 Der Bauteilkatalog wird diesem Dokument angehängt.
- 2.3 Der Bestand bleibt unverändert. Für die Erweiterung wird der Wärmeschutznachweis erfüllt. Sollte der Fernwärmeanschluss nicht bei Fertigstellung hergestellt sein, wird eine zeitlich befristete Betriebsgenehmigung mit Anschluss an das Nahwärmenetz der Schule beantragt.

Begründung:

Die Erweiterung hat eine Energiebezugsfläche von 499 m², das Schulgebäude hat 8.328 m² somit beträgt die Erweiterung unter 6,0 %.

Bei einem durchschnittlichen Energieverbrauch von 390.000 kWh/a würde der Flächenzuwachs mit den 6,0 % einen zu vernachlässigenden Mehrverbrauch ergeben. Wegen des geringen Mehrverbrauchs ist das Herstellen einer Wärmepumpe als Interimslösung für 40.000 € als unwirtschaftlich zu betrachten.

Der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit nach § 5 des GEG ist also nicht gegeben.

Die Bauaufsicht richtet sich nach der Einschätzung des Amts für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie. Das Umweltamt hat ausdrücklich zugestimmt.

- 2.4 Folgende Zonierung und Konditionierung ist berücksichtigt:

Bezeichnung	Ve [m²]	V [m³]	Angf [m²]	Nutzungsprofil	H	TW	RLT	K
⊕ Wc/Sanitä	296,8	208,3	62,2	16 WC und Sanitärräume in Ni...	■		■	
⊕ Verkehrsfläche	301,3	211,5	63,1	19 Verkehrsflächen	■			
⊕ Mensa/Kantine	1347,6	945,9	282,4	12 Kantine	■		■	
⊕ Küche/Lager	437,1	306,8	91,6	15 Küche - Vorbereitung, Lager	■	■	■	

- 2.5 Der Wärmeschutznachweis ist zu Baubeginn einzureichen.
- 2.6 Der Nachweis bzgl. Errichtung einer PV-Anlage ist nicht Bestandteil dieses Berichts und wird von den Planungsbeteiligten geführt.

3. Nachweis nach GEG 2024 für Nichtwohngebäude

Der Nachweis wird mit den ab 1. Januar 2024 geltenden Anforderungen des GEG geführt.

Das Gebäude ist ein öffentliches Gebäude.

Nachweis der mittleren U-Werte nach GEG 2024 für normal beheizte Gebäudeteile (Solltemperatur $\geq 19^{\circ}\text{C}$)

Bauteilgruppe	vorh. mittl. U-Wert	zul. mittl. U-Wert
opake Außenbauteile:	0,17 W/(m ² K)	0,28 W/(m ² K)
transparente Außenbauteile:	1,10 W/(m ² K)	1,50 W/(m ² K)
Vorhangfassaden:	0,00 W/(m ² K)	1,50 W/(m ² K)
Oberlichtsysteme:	0,00 W/(m ² K)	2,50 W/(m ² K)

Der Nachweis wurde erfüllt!

Es sind für den Nachweis der mittleren U-Werte keine Gebäudeteile mit Innentemperaturen $< 19^{\circ}\text{C}$ vorhanden.

Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach GEG 2024 (Mehrzonen-Modell)

$A_{\text{NGF}} = 499,3 \text{ m}^2$

Nichtwohngebäude:

zul. $q_P = 168,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
(q_P Referenzgebäude nach GEG 2024 Anlage 2)

vorh. $q_P = 160,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
(q_P nachzuweisendes Gebäude: -4,5 %)

In vorh. q_P wurde ein regenerativer Stromertrag nach GEG 2024 von $16,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ berücksichtigt.

Der Nachweis wurde erfüllt!

Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energie

Der folgende Nachweis der Nutzung von erneuerbaren Energien wird nach der ab 1. Januar 2024 gültigen Fassung des GEG geführt. Der Aussteller des Nachweises stellt auch die gemäß GEG notwendigen Nachweise und Bescheinigungen zusammen. Der Nachweis ist nur zusammen mit diesen Anlagen gültig.

Wärmeenergiebedarf (Summe der Erzeugernutzenergieabgaben)

Heizung	$Q_{h,outg}$	107886 kWh/a
Heizung RLT	$Q^*_{h,outg}$	0 kWh/a
Trinkwarmwasser	$Q_{w,outg}$	1324 kWh/a
Summe	Q_{outg}	109210 kWh/a

Deckung durch erneuerbare Energie nach GEG 2024

Berechneter Anteil erneuerbarer Energie nach § 71 Absatz 2 GEG:

Der Wärmeenergiebedarf Heizung und Warmwasser des Gebäudes beträgt 109210 kWh/a.

Art der erneuerbaren Energie	regenerativer Anteil [kWh/a]	Erfüllungsanteil [%]
Hausübergabestation zum Anschluss an ein Wärmenetz	107886	152,0

Der gesamte Anteil regenerativer Energie beträgt 98,8 %.

Der Nachweis von 65% erneuerbarer Energie ist somit erfüllt.

4. Sondernechweise

Sondernachweis: BEG NWG EG 55

Der reguläre GEG-Nachweis muss als Voraussetzung für Sondernachweise erfüllt sein.

-> **eingehalten**

max. Prozentwert des zul. Primärenergiebedarfes zul. Q_P gemäß GEG 2023:	55 %
zulässiger Primärenergiebedarf (Neubau) zul. Q_P gemäß GEG 2023:	306,0 kWh/(m²a)
(gemäß Merkblatt KfW ohne Berücksichtigung der ab 01.01.2016 gültigen Verschärfung)	
Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_P : $0,55 \cdot 306,0 =$	168,3 kWh/(m²a)
vorhandener Wert des Primärenergiebedarfes Q_P :	160,7 kWh/(m²a)
-> eingehalten (Unterschreitung um 4,5%)	

Nachweis der mittleren U-Werte für normal beheizte Gebäudeteile
(Solltemperatur $\geq 19^\circ\text{C}$)

Bauteilgruppe	vorh. mittl. U-Wert	zul. mittl. U-Wert
opake Außenbauteile:	0,17 W/(m²K)	0,22 W/(m²K)
transparente Außenbauteile:	1,10 W/(m²K)	1,20 W/(m²K)
Vorhangfassaden:	0,00 W/(m²K)	1,20 W/(m²K)
Oberlichtsysteme:	0,00 W/(m²K)	2,00 W/(m²K)
-> eingehalten		

Es sind für den Nachweis der mittleren U-Werte keine Gebäudeteile mit Innentemperaturen $< 19^\circ\text{C}$ vorhanden.

Der Sondernachweis BEG NWG EG 55 ist eingehalten.

Zum Zeitpunkt der Erstellung der LPH3 ist dieser Nachweis aktuell. Die Verschärfungen des GEG und der KfW, sowie deren Implementierung in die Bilanzierung werden voraussichtlich dazu führen, dass das Gebäude die Anforderungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude BEG 55 zum Zeitpunkt des Bauantrags nicht erfüllen wird.

In der LPH 4 sind die Fördermöglichkeiten daher neu zu prüfen. Das Gebäude ist in der abgestimmten Form auch ohne Erfüllung des KfW BEG 55, auch aus Sicht vom Amt für Umweltschutz in Ordnung.

Bauteilkatalog

Mensa ASS SBS

Bauphysikalische Berechnungen der Bauteilaufbauten
Stand 24.10.2025, ergänzt 19.01.2026

Der Bauteilkatalog enthält ausschließlich die thermisch relevanten Schichten. Der komplette Bauteilaufbau ist der Detailplanung der Architekten zu entnehmen.

* Brandschutznachweis beachten

** Schallschutznachweis beachten

*** Wandkonstruktionen haben zusätzlich außen: 10cm Luftschicht und 4cm Lattung auf Lücke

Bauteilaufbau: AW Klinker Bestand (Halle) ***

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. λ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,130				
Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,00	1,000	0,010				
Hochlochziegel (HLzA, HLzB) LM21/LM36 (1000 kg/m³) nach DIN V 105-100	24,0	0,400	0,600				
Mauerwerk Klinker (Berliner Altbau, 1800 kg/m³)	11,5	0,810	0,142				
Mineralwolle (MW) 035/30 kg/m³ nach DIN EN 13162	16,0	0,035	4,571				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,130				
$R_T = \sum (d_i / \lambda_i) =$			5,583				

$$U = 1/R_T = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 469,8 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 5,32 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk,i}} = 30,00 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk,e}} = 0,86 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: AW Mauerwerk Bestand (Lehrküche) ***

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

	Dicke d	λ	R	maßg. μ	äquiv. Dicke	Temp.- Verlauf	Satt- dampf- druck
Baustoffe	[cm]	[W/mK]	[m²K/W]	[-]	[m]	[°C]	[Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,130				
Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,00	1,000	0,010				
Hochlochziegel (HLzA, HLzB) LM21/LM36 (1000 kg/m³) nach DIN V 105-100	30,0	0,400	0,750				
Mineralwolle (MW) 035/30 kg/m³ nach DIN EN 13162	16,0	0,035	4,571				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,130				
		$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$	5,591				

$$U = 1/R_T = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 322,8 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 5,33 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 30,00 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 0,86 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: AW Neubau Holz ***

Berechnung des oberen Grenzwertes des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{T'}$

Bereich 1 Anteil: 87,20% (f=0,8720)	Dicke d	α	R	maßg. α	äquiv. Dicke	Temp.- Verlauf	Satt- dampf- druck
Baustoffe	[cm]	[W/mK]	[m²K/W]	[-]	[m]	[°C]	[Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,130				
Mineralwolle (MW) 035/30 kg/m³ nach DIN EN 13162	18,0	0,035	5,143				
Holzfaserdämmplatten 035 DIN 68755	6,0	0,035	1,714				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,130				
$R_T = \alpha(d/\alpha_i) =$			7,117				

Bereich 2 Anteil: 12,80% (f=0,1280)	Dicke d	α	R	maßg. α	äquiv. Dicke	Temp.- Verlauf	Satt- dampf- druck
Baustoffe	[cm]	[W/mK]	[m²K/W]	[-]	[m]	[°C]	[Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,130				
Konstruktionsholz (450 kg/m³)	18,0	0,120	1,500				
Holzfaserdämmplatten 035 DIN 68755	6,0	0,035	1,714				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,130				
$R_T = \alpha(d/\alpha_i) =$			3,474				

$$R_{T'} = 1/\alpha(f/R) = 6,275 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Berechnung des unteren Grenzwertes des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{T''}$

Schicht Nr.	d [cm]	α_a [W/mK]	f_a [%]	α_b [W/mK]	f_b [%]	α_c [W/mK]	f_c [%]	α_d [W/mK]	f_d [%]	R_j [m²K/W]
1	18,00	0,035	87,20	0,120	12,80					3,923
2	6,00	0,035	87,20	0,035	12,80					1,714

$$R_{T''} = R_{si} + \alpha R_j + R_{se} = 5,898 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

$$R_T = (R_{T'} + R_{T''}) / 2 = (6,275 + 5,898) / 2 = 6,086 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 30,1 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,00 \text{ m}^2\text{K/W}$.

(DIN 4108-2 Abs. 5.1.3: inhomogene Bauteile)

Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 5,83 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Der Mindestwärmeschutz des Gefachbereiches beträgt $\min R = 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$. (DIN 4108-2 Abs. 5.1.3)

Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 6,86 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 3,31 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 4,17 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: AW Kellertreppe zu unbeheiztem Keller

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,130				
Beton armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	35,0	2,500	0,140				
Mineralwolle (MW) 035/30 kg/m³ nach DIN EN 13162	10,0	0,035	2,857				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,130				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			3,257				

$$U = 1/R_T = 0,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 843,0 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 3,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 66,67 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 0,86 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: Boden gegen Erdreich, Neubau

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,170				
Fliesen oder Parkett	1,00	50,000	0,000				
Fliesenkleber (mineralisch)	0,50	0,690	0,007				
Zementestrich als Heizestrich	7,0	1,400	0,050				
Polystyrol-Hartschaum 035	6,0	0,035	1,714				
Beton armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	25,0	2,500	0,100				
Expandierter Polystyrolschaum (EPS) 037/30 kg/m³ nach DIN EN 13163	14,0	0,037	3,784				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,000				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			5,826				

$$U = 1/R_T = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 752,6 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 5,66 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 41,03 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 1,21 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: Boden gegen Erdreich, Stahlbeton 1963 (Halle)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,170				
Fliesen oder Parkett	1,00	50,000	0,000				
Fliesenkleber (mineralisch)	0,50	0,690	0,007				
Zementestrich als Heizestrich	7,0	1,400	0,050				
Polystyrol-Hartschaum 035	20,0	0,035	5,714				
Schüttungen aus Polystyrolschaumstoff- Partikeln, zementgebunden 050	15,0	0,050	3,000				
Bitumen als Membran/Bahn	0,50	0,230	0,022				
Beton armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	15,0	2,500	0,060				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,000				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			9,023				

$U = 1/R_T = 0,11 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 518,3 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 8,85 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$C_{\text{wirk,i}} = 41,03 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$

$C_{\text{wirk,e}} = 66,67 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$

Bauteilaufbau: Boden gegen Erdreich, Stahlbeton 1963 (Lehrküche)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	α [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. α [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,170				
Schicht mit pausch. $1/\alpha = 0,660$	1,00	0,015	0,660				
Fliesen oder Parkett	1,00	50,000	0,000				
Fliesenkleber (mineralisch)	0,50	0,690	0,007				
Zementestrich als Heizestrich	7,0	1,400	0,050				
Polystyrol-Hartschaum 035	6,0	0,035	1,714				
Bitumen als Membran/Bahn	0,50	0,230	0,022				
Beton armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	15,0	2,500	0,060				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,000				
$R_T = \alpha(d/\alpha_i) =$			2,683				

$U = 1/R_T = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 513,9 \text{ kg/m}^2$.
(Die Masse der pauschal eingegebenen Schicht ist nicht bekannt und muss gesondert berücksichtigt werden.)

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 2,51 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$C_{\text{wirk},i} = 0,00 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$
 $C_{\text{wirk},e} = 66,67 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$

Bauteilaufbau: Dach Neubau Holz mit Dachbegrünung **

Berechnung des oberen Grenzwertes des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{T'}$

Bereich 1 Anteil: 87,20% (f=0,8720)	Dicke d	α	R	maßg. α	äquiv. Dicke	Temp.- Verlauf	Satt- dampf- druck
Baustoffe	[cm]	[W/mK]	[m²K/W]	[-]	[m]	[°C]	[Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,100			20,0	2337
OSB-Platten (650 kg/m³)	2,2	0,130	0,169	50	1,1	19,2	2225
Mineralwolle (MW) 035/145 kg/m³ (Flachdach-Dämmung)	18,0	0,035	5,143	1	0,18	18,7	2152
Holzfaserdämmplatten 035 DIN 68755	8,0	0,035	2,286	5	0,4	2,4	724
Wärmeübergang außen R_{se}			0,100			-4,9	406
						-5,0	401
$R_T = \alpha(d/\alpha_i) =$			7,798	$\alpha_{Sd} =$	1,7		

Temperaturverlauf und Sattdampfdruck werden gem. DIN 4108-3 mit $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ berechnet.

Bereich 2 Anteil: 12,80% (f=0,1280)	Dicke d	α	R	maßg. α	äquiv. Dicke	Temp.- Verlauf	Satt- dampf- druck
Baustoffe	[cm]	[W/mK]	[m²K/W]	[-]	[m]	[°C]	[Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,100			20,0	2337
OSB-Platten (650 kg/m³)	2,2	0,130	0,169	50	1,1	18,5	2132
Konstruktionsholz (450 kg/m³)	18,0	0,120	1,500	50	9	17,5	2003
Holzfaserdämmplatten 035 DIN 68755	8,0	0,035	2,286	5	0,4	8,7	1124
Wärmeübergang außen R_{se}			0,100			-4,8	409
						-5,0	401
$R_T = \alpha(d/\alpha_i) =$			4,155	$\alpha_{Sd} =$	10,5		

Temperaturverlauf und Sattdampfdruck werden gem. DIN 4108-3 mit $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ berechnet.

$$R_{T'} = 1/\alpha(f/R) = 7,011 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Berechnung des unteren Grenzwertes des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{T''}$

Schicht Nr.	d [cm]	α_a [W/mK]	f_a [%]	α_b [W/mK]	f_b [%]	α_c [W/mK]	f_c [%]	α_d [W/mK]	f_d [%]	R_j [m²K/W]
1	2,20	0,130	87,20	0,130	12,80					0,169
2	18,00	0,035	87,20	0,120	12,80					3,923
3	8,00	0,035	87,20	0,035	12,80					2,286

$$R_{T''} = R_{si} + \alpha R_j + R_{se} = 6,578 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

$$R_T = (R_{T'} + R_{T''}) / 2 = (7,011 + 6,578) / 2 = 6,795 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 67,4 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,00 \text{ m}^2\text{K/W}$.

(DIN 4108-2 Abs. 5.1.3: inhomogene Bauteile)

Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 6,59 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Der Mindestwärmeschutz des Gefachbereiches beträgt $\min R = 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$. (DIN 4108-2 Abs. 5.1.3)

Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 7,60 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 11,57 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 5,56 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: Dach Stahlbeton 1963 (Lehrküche) ****Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U**

Baustoffe	Dicke d [cm]	α [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,100			20,0	2337
Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,00	1,000	0,010	35	0,35	19,0	2193
Beton armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	20,0	2,500	0,080	130	26	18,9	2187
Mineralwolle (MW) 035/30 kg/m³ nach DIN EN 13162	20,0	0,035	5,714	1	0,2	18,6	2143
Wärmeübergang außen R_{se}			0,040			-4,8	407
			$R_T = \sum(d_i/\alpha_i) =$	5,944	$\mu_{Sd} =$	26,6	

Temperaturverlauf und Sattdampfdruck werden gem. DIN 4108-3 mit $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ berechnet.

$$U = 1/R_T = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 504,0 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 5,80 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 65,00 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 0,86 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Dach Halle (Stb. Rippendecke, Speiseraum ASS) ****Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U**

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,100				
Schicht mit pausch. $1/\Lambda = 0,630$	1,00	0,016	0,630				
Mineralwolle (MW) 035/30 kg/m³ nach DIN EN 13162	20,0	0,035	5,714				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,040				
			$R_T = \sum(d_i/\lambda_i) =$	6,484			

$$U = 1/R_T = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 6,0 \text{ kg/m}^2$.
(Die Masse der pauschal eingegebenen Schicht ist nicht bekannt und muss gesondert berücksichtigt werden.)

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$.
(DIN 4108-2 Abs. 5.1.2: flächenbezogene Masse des homogenen Bauteils $< 100 \text{ kg/m}^2$)
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 6,34 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 0,00 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 0,86 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: Decke über UG Stahlbeton massiv 1963 ***

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,170				
Fliesen	1,00	50,000	0,000				
Fliesenkleber (mineralisch)	0,50	0,690	0,007				
Zementestrich	7,0	1,400	0,050				
Polystyrol-Hartschaum 035	6,0	0,035	1,714				
Bitumen als Membran/Bahn	0,50	0,230	0,022				
Beton armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	25,0	2,500	0,100				
Expandierter Polystyrolschaum (EPS) 037/30 kg/m³ nach DIN EN 13163	6,0	0,037	1,622				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,170				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_{i,i}) =$			3,855				

$$U = 1/R_T = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 755,7 \text{ kg}/\text{m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 0,90 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 3,52 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 41,03 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$C_{\text{wirk},e} = 0,73 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$$

Fenster und Pfosten Riegel Fassade

Fensterelement U_w :	U_{wBW} (DIN EN 673)	max. $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Verglasung U_g :		max. $0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Rahmen U_f :		max. $0,90 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Verglasung EG Gesamtenergiedurchlässigkeit:		g min. 53 % Sonnenschutzverglasung
Sonnenschutzverglauung Gesamtenergiedurchlässigkeit:		g max. 38 % Sonnenschutzverglasung
Isolierglas-Abstandshalter: ψ		$0,04 \text{ W}/(\text{mK})$

Außentüren:

Türelement:	U_D	$0,85 - 1,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Rahmen	U_F	$1,6 - 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Paneel	U_P	$0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Glas	U_G	$0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
	g	min. 53 % Wärmeschutzverglasung
Isolierglas-Abstandshalter: ψ		$0,04 \text{ W}/(\text{mK})$

- * s. oben, erster Absatz.
- ** s. oben, erster Absatz.
- *** s. oben, erster Absatz.