



Projekt: St. Nikolaus Schule

BAUPHYSIKALISCHE NACHWEISE

Projekt St. Nikolaus Schule

Gebäudeteil Schule
Ort Kall
Straße Weiherbenden 9
Gemarkung
Flurstück
Baujahr 1952

Berechnungssoftware DÄMMWERK 2026 vom 01.04.2026

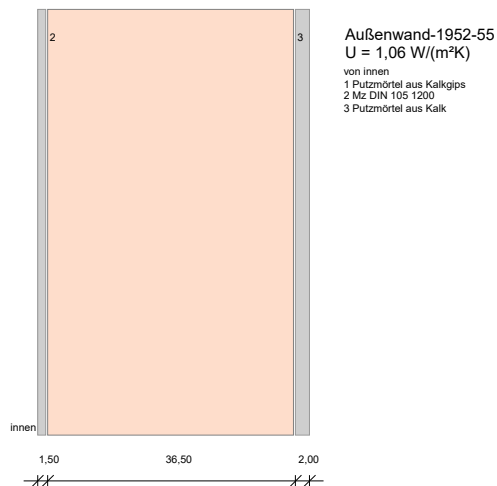
Bauherr Kreis Euskirchen Abteilung 10
Vorname Name Zentraler Service & Immobilienmanagement
Straße Jülicher Ring 32
Plz Ort 53879 Euskirchen

Aufsteller Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Elmar Körfer
Vorname Name staatlich anerkannter Sachverständiger für Schall-und Wärmeschutz
Straße Wendelinusstraße 10
Plz Ort 52249 Eschweiler

aufgestellt den

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Außenwand-1952-55

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04$ m²K/W

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkgips	1,50	1400	21,0	0,700	0,021
02 Mz DIN 105 1200	36,50	1200	438,0	0,500	0,730



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 Putzmörtel aus Kalk	2,00	1800	36,0	0,870	0,023
R_{se}					0,040

$d =$	40,00	$G =$	495,0	$R_T =$	0,94
-------	-------	-------	-------	---------	------

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,059 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

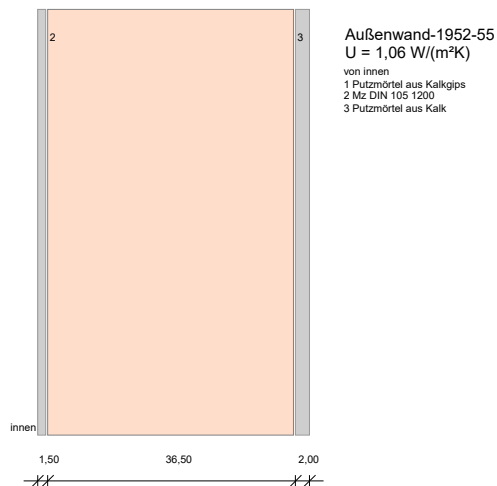
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U $1,06 > 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Bauteil: Außenwand-1952-55

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck



Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Putzmörtel aus Kalkgips	14,1	1613	1169
2 Mz DIN 105 1200	13,6	1561	1115
3 Putzmörtel aus Kalk	-3,5	456	456
	-4,1	435	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 1,06$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Putzmörtel aus Kalkgips	10	10	0,15	0,15	0,15
2 Mz DIN 105 1200	5	10	1,82	3,65	-> 1,82
3 Putzmörtel aus Kalk	15	35	0,30	0,70	<- 0,70
				$\Sigma \mu \cdot s =$	2,67

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1) (Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m ² K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,72	1.613	14,13	0,77	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25$ W/(m²K))

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche



Projekt: St. Nikolaus Schule

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)
(Ref-No 2.4.2)

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	456	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	1,97	2,67
Taubebene / Taubereich	M_c g/m ²	M_{ev} g/m ²	t_{ev} h
vor Putzmörtel aus Kalk	265	1.506	380

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

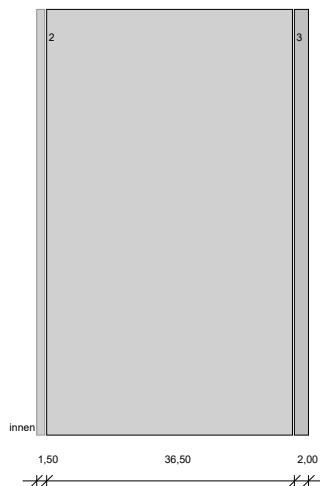
Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{ev} \geq M_c$
mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Trocknungsreserve
(Ref-No 2.4.3)

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "Putzmörtel aus Kalk", $M_{ev} - M_c = 1240 \text{ g/m}^2$
bei beidseitig geschlossenen Wandkonstruktionen $1240 \geq 100 \text{ g/(m}^2\text{a)}$, **OK** nach DIN 68800-2:2022

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Außenwand-1997
 $U = 0,39 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
von innen
1 Putzmörtel aus Kalkgips
2 Beton-Vbl-MW LM21 600
3 Wärmedämmputz 080 nach DIN 18550-3

Bauteil: Außenwand-1997

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkgips	1,50	1400	21,0	0,700	0,021
02 Beton-Vbl-MW LM21 600	36,50	600	219,0	0,170	2,147



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 Wärmedämmputz 080 nach DIN 18550	2,00	200	4,0	0,080	0,250
R_{se}					0,040

$d =$	40,00	$G =$	244,0	$R_T =$	2,59
-------	-------	-------	-------	---------	------

Wärmedurchgangskoeffizient
(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,386 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

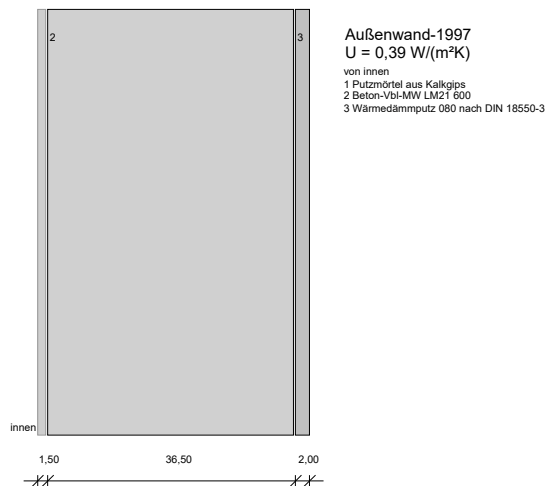
U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U $0,39 > 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Bauteil: Außenwand-1997

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Normklimadaten DIN 4108

Tauperiode	Außenklima	-10,0 °C	$\varphi = 80 \%$
1440 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	$\varphi = 70 \%$

Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden Innenklima 12,0 °C $\varphi = 70 \%$

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

(Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T _{gr} [°C]	p _s [Pa]	p _d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Putzmörtel aus Kalkgips	18,5	2129	1169
2 Beton-Vbl-MW LM21 600	18,2	2096	1107
3 Wärmedämmputz 080 nach DIN 1	-6,6	349	349
	-9,5	271	208
Außenluft	-10,0	260	208

Diffusionswiderstände

(Ref-No 2.3)

Schicht	μ _{min} [-]	μ _{max} [-]	μ _{min} *s [m]	μ _{max} *s [m]	s _d [m]
1 Putzmörtel aus Kalkgips	10	10	0,15	0,15	0,15
2 Beton-Vbl-MW LM21 600	5	10	1,82	3,65	1,82
3 Wärmedämmputz 080 nach DIN 18	5	20	0,10	0,40	0,40
				Σ μ*s =	2,38

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018

(Ref-No 2.4)

Die Klimabedingungen passen nicht zum Berechnungsverfahren

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

(Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \varphi_i * p_{\text{sat}}(\theta_i) = 0,50 * 2.337 = 1.168 \text{ Pa}$ (Gl.3)

erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	φ _{si,cr}	p _{sat} Pa	θ _{si} (p _{sat}) °C	R m²K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,55	2.129	18,49	2,42	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,00	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,00	ja

mit φ_{si,cr} = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

p_{sat} = p_i / φ_{si,cr} = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und θ_{si}(p_{sat}) = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{se} = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit R_{si} = 0,25 W/(m²K))

mit f_{Rsi} = (θ_{si} - θ_e) / (θ_i - θ_e) = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Projekt: St. Nikolaus Schule

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)
(Ref-No 2.4.2)

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	349	208
Verdunstungsperiode [Pa]	-	-	-
sd-Wert [m]	0	1,97	2,38
Tauebene / Taubereich	M_c g/m ²	M_{ev} g/m ²	t_{ev} h

vor Wärmedämmputz 080 nach DIN 18550-3 - - - **PROBLEM 1**

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{ev} \geq M_c$

mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Trocknungsreserve
(Ref-No 2.4.3)

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "Wärmedämmputz 080 nach DIN 18550-3", $M_{ev} - M_c = 0 \text{ g/m}^2$
bei beidseitig geschlossenen Wandkonstruktionen $0 < 100 \text{ g/(m}^2\text{a)}$, nicht ausreichend nach DIN 68800-2:2022

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001
(Ref-No 2.5)

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)
(Ref-No 2.5.1)

$R_{min} = 0,29 < 2,42 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{vorh}$, in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{min} = R_{si} * ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{si} + R_{se}) = 0,29$

mit Gl. A.12 und DIN 4108-2 Abs.6.2 mit $R_{si} / R_{se} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$

Die Taupunkttemperatur der Raumluft (20,0°C 50%) beträgt $\theta_s = 9,3 \text{ °C}$ (DIN 4108-3, Tab. A.2)

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)
(Ref-No 2.5.2)

Tauebene vor Schicht "Wärmedämmputz 080 nach DIN 18550-3"

$$m_{W,T} = 1440 * \left(\frac{1169 - 349}{1,97} - \frac{349 - 208}{0,40} \right) / 1500 = 60,2 \text{ g/m}^2 \text{ Tauwasser}$$

$$m_{W,V} = 2160 * \left(\frac{1404 - 982}{1,97} + \frac{1404 - 982}{0,40} \right) / 1500 = 1826,9 \text{ g/m}^2 \text{ Verdunstung}$$

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich, da

$m_{W,T} < \text{zul } m_{W,T}$ und $m_{W,V} > m_{W,T}$

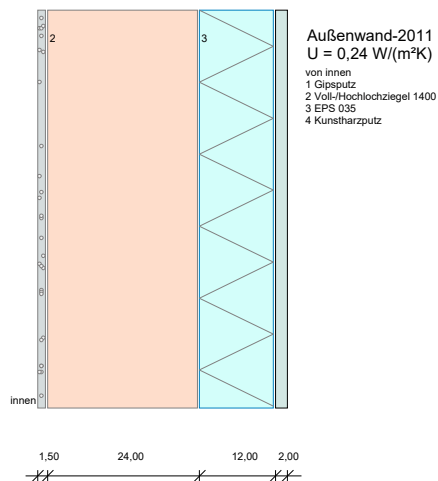
Mindest- s_d -Wert einer innenliegenden Dampfsperre für eine tauwasserfreie Konstruktion:

$s_{d,erf} = s_{de} * (p_i - p_e) / (p_{sw} - p_e) - s_{di} - s_{de} = 0,40 * (1169 - 208) / (349 - 208) - 1,97 - 0,40 = 0,4 \text{ m}$

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "Wärmedämmputz 080 nach DIN 18550-3", $m_{W,V} - m_{W,T} = 1767 \text{ g/m}^2$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Außenwand-2011

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04$ m²K/W

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Gipsputz	1,50	1200	18,0	0,350	0,043
02 Voll-/Hochlochziegel 1400	24,00	1400	336,0	0,580	0,414



Projekt: St. Nikolaus Schule

03	EPS 035	12,00	20	2,4	0,035	3,429
04	Kunstharzputz	2,00	1100	22,0	0,700	0,029
	R _{se}					0,040

$$d = 39,50 \quad G = 378,4 \quad R_T = 4,08$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,245 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

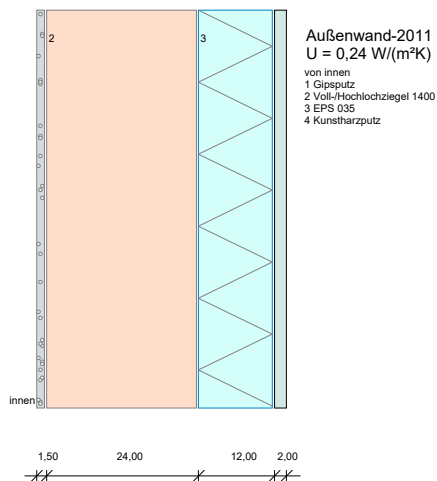
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

$$U \quad 0,24 \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Bauteil: Außenwand-2011

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck



Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipsputz	18,5	2132	1169
2 Voll-/Hochlochziegel 1400	18,3	2098	1139
3 EPS 035	15,8	1796	898
4 Kunstharzputz	-4,6	416	416
	-4,8	410	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 4,20$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]		s_d [m]
1 Gipsputz	10	10	0,15	0,15		0,15
2 Voll-/Hochlochziegel 1400	5	10	1,20	2,40	->	1,20
3 EPS 035	20	100	2,40	12,00	->	2,40
4 Kunstharzputz	50	200	1,00	4,00	<-	4,00

				$\Sigma \mu \cdot s =$		7,75

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Projekt: St. Nikolaus Schule

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)
(Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{\text{sat}}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168 \text{ Pa}$ (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{\text{si,cr}}$	p_{sat} Pa	$\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ °C	R m²K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,55	2.132	18,51	3,91	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{\text{si,cr}}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{\text{sat}} = p_i / \phi_{\text{si,cr}}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{\text{si}} / (1 - f_{\text{Rsi}}) - R_{\text{se}}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

mit $f_{\text{Rsi}} = (\theta_{\text{si}} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)
(Ref-No 2.4.2)

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	416	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	3,75	7,75
Taubebene / Taubereich	M_c g/m²	M_{ev} g/m²	t_{ev} h
vor Kunstharzputz	* 276	402	1.482

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{\text{ev}} \geq M_c$

mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

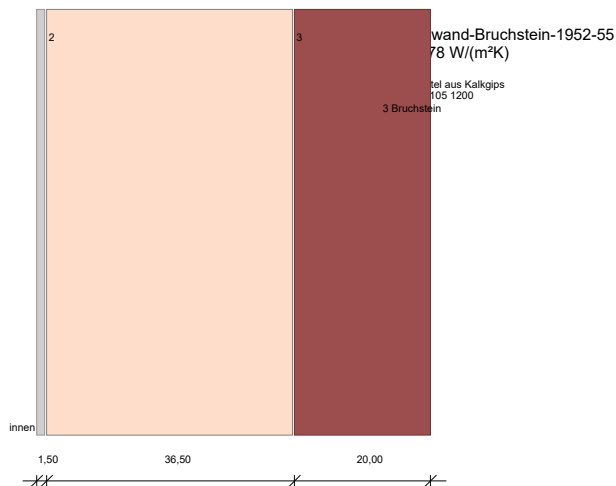
Trocknungsreserve
(Ref-No 2.4.3)

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "Kunstharzputz", $M_{\text{ev}} - M_c = 126 \text{ g/m}^2$

bei beidseitig geschlossenen Wandkonstruktionen $126 \geq 100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$, **OK** nach DIN 68800-2:2022

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Außenwand-Bruchstein-1952-55 (Ref-No 1.0)

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

Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkgips	1,50	1400	21,0	0,700	0,021
02 Mz DIN 105 1200	36,50	1200	438,0	0,500	0,730



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 Bruchstein R _{se}	20,00	1600	320,0	0,550	0,364 0,040
	d = 58,00	G =	779,0	R _T =	1,29

.....

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,778 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

.....

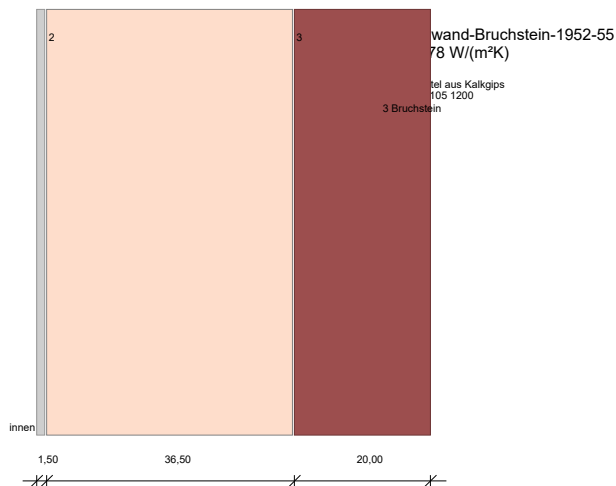
U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
 (Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

U 0,78 > 0,24 W/(m²K) nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Bauteil: Außenwand-Bruchstein-1952-55

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck

Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Putzmörtel aus Kalkgips	15,6	1768	1169
2 Mz DIN 105 1200	15,2	1725	1135
3 Bruchstein	2,2	715	715
	-4,3	427	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 1,41$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Putzmörtel aus Kalkgips	10	10	0,15	0,15	0,15
2 Mz DIN 105 1200	5	10	1,82	3,65	-> 1,82
3 Bruchstein	10	10	2,00	2,00	2,00
				$\Sigma \mu \cdot s =$	3,97

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1) (Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m ² K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,66	1.768	15,55	1,11	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25$ W/(m²K))

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche



Projekt: St. Nikolaus Schule

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)
(Ref-No 2.4.2)

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	715	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	1,97	3,97
Taubene / Taubereich	M_c g/m ²	M_{ev} g/m ²	t_{ev} h
vor Bruchstein	53	784	146

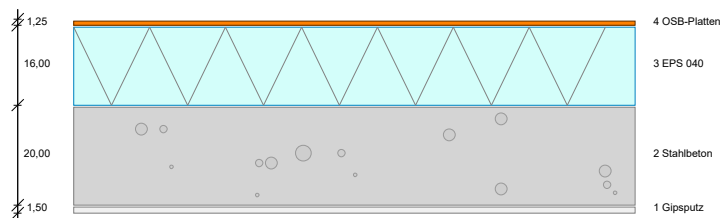
Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{ev} \geq M_c$

mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Dachdecke-gedämmt (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen" (2)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Gipsputz	1,50	1200	18,0	0,510	0,029
02 Stahlbeton	20,00	2400	480,0	2,100	0,095



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 EPS 040	16,00	20	3,2	0,040	4,000
04 OSB-Platten	1,25	650	8,1	0,130	0,096
R_{se}					0,100

$$d = 38,75 \quad G = 509,3 \quad R_T = 4,42$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,226 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

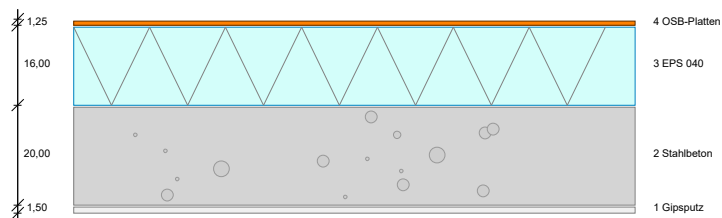
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau von Dachflächen sowie Decken und Wände zum unbeheizten Dachraum in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

$$U \quad 0,23 \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Bauteil: Dachdecke-gedämmt

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck

Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipsputz	18,6	2145	1169
2 Stahlbeton	18,5	2124	1162
3 EPS 040	17,9	2055	502
4 OSB-Platten	-4,2	429	351
	-4,8	410	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 4,51$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Gipsputz	10	10	0,15	0,15	0,15
2 Stahlbeton	70	150	14,00	30,00	-> 14,00
3 EPS 040	20	100	3,20	16,00	-> 3,20
4 OSB-Platten	30	50	0,38	0,63	<- 0,63
				$\Sigma \mu \cdot s =$	17,98

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1) (Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m ² K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,54	2.145	18,61	4,22	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25$ W/(m²K))

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche



Projekt: St. Nikolaus Schule

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)
(Ref-No 2.4.2)

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.
Diffusionsstromdichte = 0,031 g/m²h

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Dachdecke-ungedämmt

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen" (2)

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Gipsputz	1,50	1200	18,0	0,510	0,029
02 Stahlbeton	20,00	2400	480,0	2,100	0,095



Projekt: St. Nikolaus Schule

R_{se}

0,100

$d = 21,50$

$G = 498,0$

$R_T = 0,32$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 3,080 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

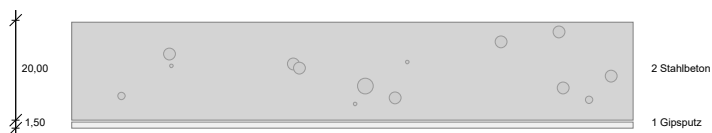
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau von Dachflächen sowie Decken und Wände zum unbeheizten Dachraum in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

$U \quad 3,08 > 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \underline{\text{nicht eingehalten}}$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Bauteil: Dachdecke-ungedämmt

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck

Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W
	R_{se}	0,04 m²K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipsputz	4,9	869	1169
2 Stahlbeton	3,2	767	1160
	-2,6	493	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 0,41$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Gipsputz	10	10	0,15	0,15	0,15
2 Stahlbeton	70	150	14,00	30,00	-> 14,00
				$\Sigma \mu \cdot s =$	14,15

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1) (Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m²K/W	ausreichend
vorhandene Werte	1,34	869	4,93	0,13	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	nein
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	nein

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

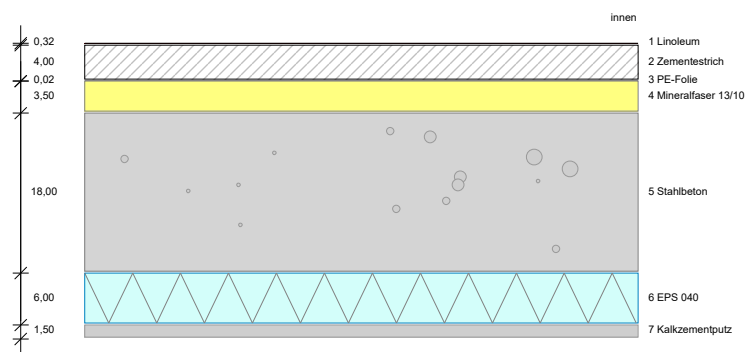
$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25$ W/(m²K))

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung auf der Bauteiloberfläche, die Tauwasserbildung im Inneren des Bauteils (A.2)
kann nicht untersucht werden.

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Decke-unterer-Abschluss-1953
 $U = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Decke-unterer-Abschluss-1953

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft" (10)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Linoleum	0,32	1000	3,2	0,170	0,019
02 Zementestrich	4,00	2000	80,0	1,400	0,029



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
04 Mineralfaser 13/10	3,50	-	-	0,035	1,000
05 Stahlbeton	18,00	2400	432,0	2,100	0,086
06 EPS 040	6,00	20	1,2	0,040	1,500
07 Kalkzementputz	1,50	1800	27,0	0,870	0,017
R _{se}					0,040
	d = 33,34	G = 543,6		R _T = 2,86	

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,350 + 0,003 = 0,353 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,003 Korrektur für Dämmstoffhalter $\Delta U_f = 5 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f$

Befestigungselemente $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$, $6,0 \text{ St/m}^2$, $100 \text{ mm}^2/\text{St}$.

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,350 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

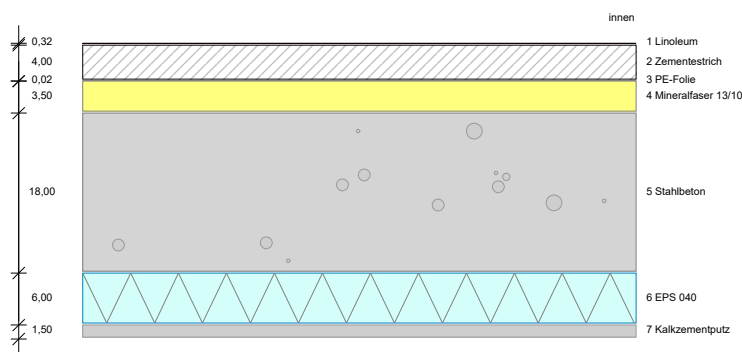
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau einer Decke nach unten gegen Außenluft in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

$U = 0,35 > 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Decke-unterer-Abschluss-1953
 $U = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Decke-unterer-Abschluss-1953

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck

Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Linoleum	17,9	2048	1169
2 Zementestrich	17,7	2028	764
3 PE-Folie	17,5	1997	756
4 Mineralfaser 13/10	17,5	1997	503
5 Stahlbeton	9,0	1147	503
6 EPS 040	8,2	1092	343
7 Kalkzementputz	-4,5	419	328
	-4,7	414	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 2,94$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Linoleum	10000	25000	32,00	80,00	-> 32,00
2 Zementestrich	15	35	0,60	1,40	-> 0,60
3 PE-Folie	100000	100000	20,00	20,00	20,00
4 Mineralfaser 13/10	1	1	0,04	0,04	0,04
5 Stahlbeton	70	150	12,60	27,00	-> 12,60
6 EPS 040	20	100	1,20	6,00	-> 1,20
7 Kalkzementputz	15	35	0,22	0,53	<- 0,53
$\Sigma \mu \cdot s =$					66,96

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)
(Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m ² K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,57	2.048	17,87	2,65	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja



Projekt: St. Nickolaus Schule

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

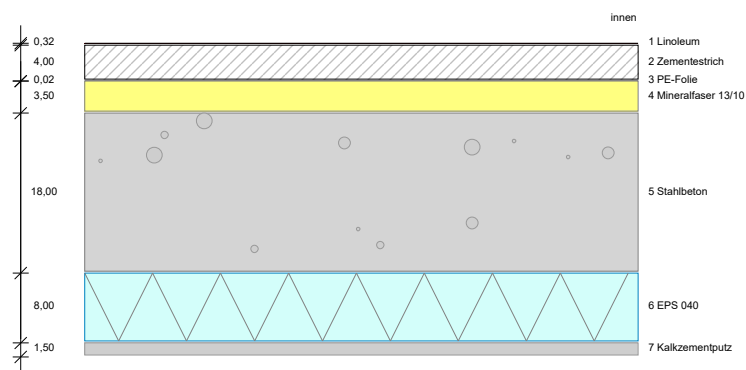
(Ref-No 2.4.2)

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = 0,008 g/m²h

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Decke-unterer-Abschluss
 $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Decke-unterer-Abschluss

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft" (10)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Linoleum	0,32	1000	3,2	0,170	0,019
02 Zementestrich	4,00	2000	80,0	1,400	0,029



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
04 Mineralfaser 13/10	3,50	-	-	0,035	1,000
05 Stahlbeton	18,00	2400	432,0	2,100	0,086
06 EPS 040	8,00	20	1,6	0,040	2,000
07 Kalkzementputz	1,50	1800	27,0	0,870	0,017
R _{se}					0,040
	d = 35,34	G = 544,0		R _T = 3,36	

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,298 + 0,003 = 0,301 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,003 Korrektur für Dämmstoffhalter $\Delta U_f = 5 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f$

Befestigungselemente $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$, $6,0 \text{ St/m}^2$, $100 \text{ mm}^2/\text{St}$.

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,298 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

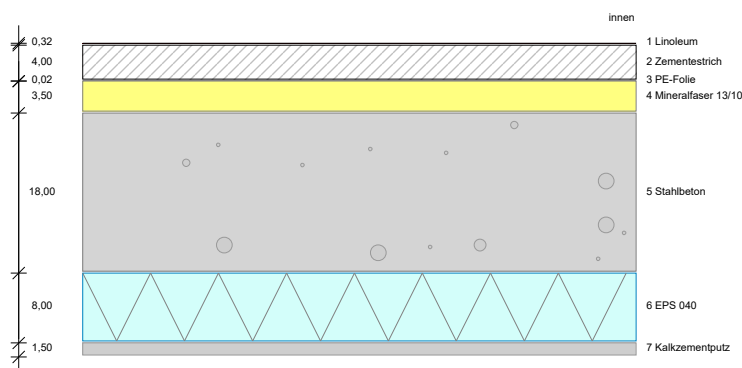
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau einer Decke nach unten gegen Außenluft in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

U 0,30 > 0,24 W/(m²K) nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Decke-unterer-Abschluss
 $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Decke-unterer-Abschluss

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck



Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Linoleum	18,2	2088	1169
2 Zementestrich	18,0	2070	766
3 PE-Folie	17,8	2044	759
4 Mineralfaser 13/10	17,8	2044	507
5 Stahlbeton	10,6	1277	507
6 EPS 040	9,9	1225	348
7 Kalkzementputz	-4,6	416	328
	-4,7	412	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 3,44$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Linoleum	10000	25000	32,00	80,00	-> 32,00
2 Zementestrich	15	35	0,60	1,40	-> 0,60
3 PE-Folie	100000	100000	20,00	20,00	20,00
4 Mineralfaser 13/10	1	1	0,04	0,04	0,04
5 Stahlbeton	70	150	12,60	27,00	-> 12,60
6 EPS 040	20	100	1,60	8,00	-> 1,60
7 Kalkzementputz	15	35	0,22	0,53	<- 0,53
$\Sigma \mu \cdot s =$					67,36

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)
(Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m ² K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,56	2.088	18,18	3,15	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja



Projekt: St. Nickolaus Schule

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

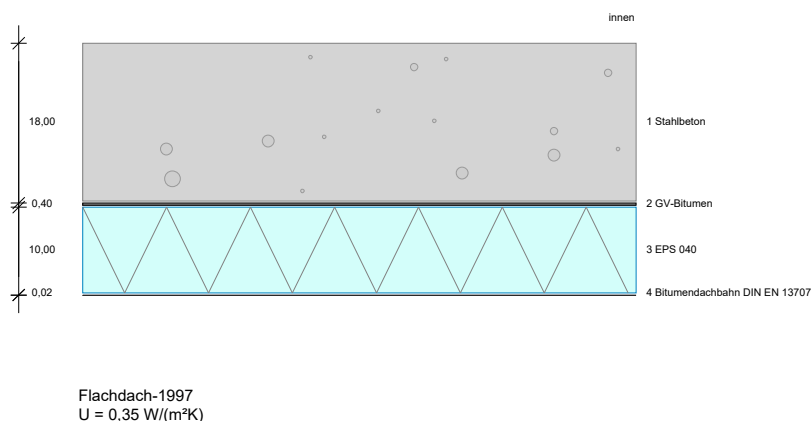
(Ref-No 2.4.2)

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = 0,008 g/m²h

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Flachdach-1997

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft" (10)

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m²K/W
R_{si}					0,170
01 Stahlbeton	18,00	2400	432,0	2,100	0,086
02 GV-Bitumen	0,40	1200	4,8	0,170	0,024



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 EPS 040	10,00	20	2,0	0,040	2,500
04 Bitumendachbahn DIN EN 13707	0,02	1200	0,2	0,170	0,001
R _{se}					0,040
	d =	28,42	G =	439,0	R _T = 2,82

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,355 + 0,003 = \mathbf{0,358 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

0,003 Korrektur für Dämmstoffhalter $\Delta U_f = 5 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f$

Befestigungselemente $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$, $6,0 \text{ St/m}^2$, $100 \text{ mm}^2/\text{St}$.

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,355 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

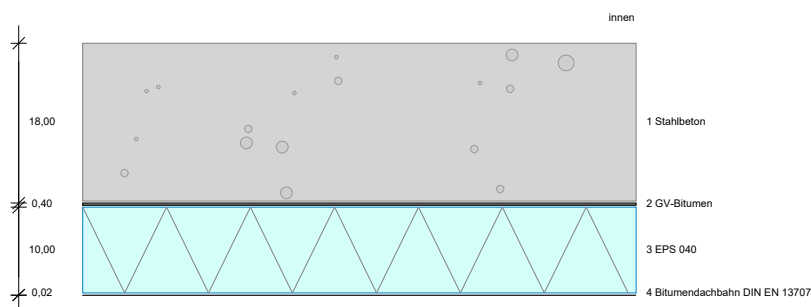
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau einer Decke nach unten gegen Außenluft in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

U $0,35 > 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Flachdach-1997
 $U = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Flachdach-1997

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck

Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Stahlbeton	17,8	2044	1169
2 GV-Bitumen	17,1	1951	967
3 EPS 040	16,9	1927	367
4 Bitumendachbahn DIN EN 13707	-4,6	414	352
	-4,7	414	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 2,90$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Stahlbeton	70	150	12,60	27,00	<- 27,00
2 GV-Bitumen	2000	20000	8,00	80,00	<- 80,00
3 EPS 040	20	100	2,00	10,00	-> 2,00
4 Bitumendachbahn DIN EN 13707	20000	20000	4,00	4,00	4,00
$\Sigma \mu \cdot s =$					113,00

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1) (Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m ² K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,57	2.044	17,85	2,61	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25$ W/(m²K))

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche



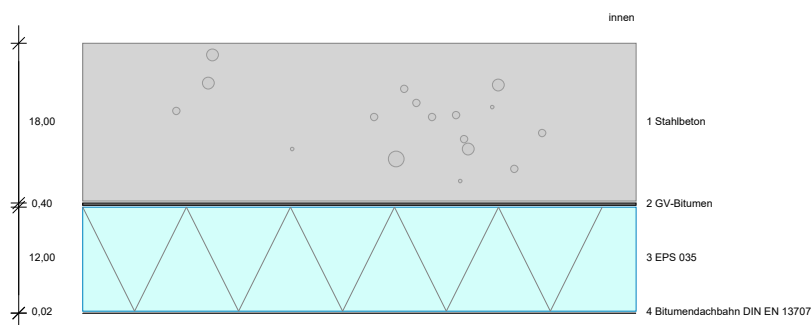
Projekt: St. Nikolaus Schule

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)
(Ref-No 2.4.2)

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.
Diffusionsstromdichte = 0,005 g/m²h

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Flachdach-2011
 $U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Flachdach-2011

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft" (10)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Stahlbeton	18,00	2400	432,0	2,100	0,086
02 GV-Bitumen	0,40	1200	4,8	0,170	0,024



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 EPS 035	12,00	20	2,4	0,035	3,429
04 Bitumendachbahn DIN EN 13707	0,02	1200	0,2	0,170	0,001
R _{se}					0,040
	d = 30,42	G = 439,4	R _T = 3,75		

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,267 + 0,003 = 0,270 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,003 Korrektur für Dämmstoffhalter $\Delta U_f = 5 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f$

Befestigungselemente $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$, 6,0 St/m², 100 mm²/St.

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,267 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

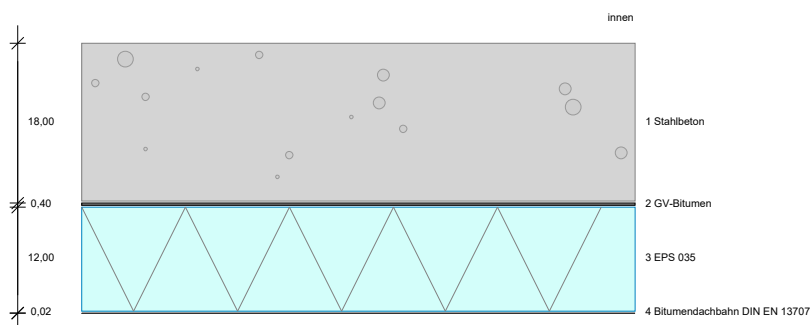
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau einer Decke nach unten gegen Außenluft in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

U 0,27 > 0,24 W/(m²K) nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Flachdach-2011
 $U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Flachdach-2011

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck



Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Stahlbeton	18,4	2113	1169
2 GV-Bitumen	17,8	2040	754
3 EPS 035	17,7	2020	490
4 Bitumendachbahn DIN EN 13707	-4,7	411	411
	-4,7	411	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 3,83$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Stahlbeton	70	150	12,60	27,00	-> 12,60
2 GV-Bitumen	2000	20000	8,00	80,00	-> 8,00
3 EPS 035	20	100	2,40	12,00	-> 2,40
4 Bitumendachbahn DIN EN 13707	20000	20000	4,00	4,00	4,00

$\Sigma \mu \cdot s =$					27,00

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Projekt: St. Nikolaus Schule

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)
(Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{\text{sat}}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168 \text{ Pa}$ (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{\text{si,cr}}$	p_{sat} Pa	$\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ °C	R m²K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,55	2.113	18,37	3,54	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{\text{si,cr}}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{\text{sat}} = p_i / \phi_{\text{si,cr}}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{\text{si}} / (1 - f_{\text{Rsi}}) - R_{\text{se}}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ W/(m²K)}$)

mit $f_{\text{Rsi}} = (\theta_{\text{si}} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)
(Ref-No 2.4.2)

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	411	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	23,00	27,00
Tauebene / Taubereich	M_c g/m²	M_{ev} g/m²	t_{ev} h
vor Bitumendachbahn DIN EN 13707	* 17	228	158

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

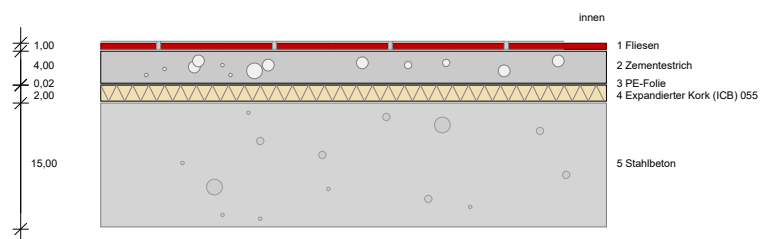
Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{\text{ev}} \geq M_c$

mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Kellerdecke
 $U = 1,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Kellerdecke

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Fliesen	1,00	2000	20,0	1,000	0,010
02 Zementestrich	4,00	2000	80,0	1,400	0,029



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
04 Expandierter Kork (ICB) 055	2,00	110	2,2	0,055	0,364
05 Stahlbeton	15,00	2400	360,0	2,100	0,071
R _{se}					0,170
	d = 22,02	G = 462,4	R _T = 0,81		

Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **1,229 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

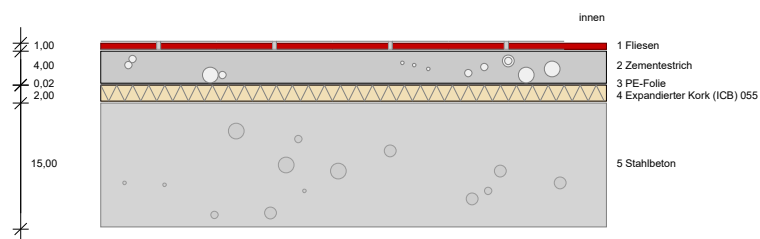
U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7) (Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen
in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

U 1,23 > 0,30 W/(m²K) nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Kellerdecke
 $U = 1,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Kellerdecke

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck



Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Fliesen	11,8	1387	1169
2 Zementestrich	11,5	1357	1154
3 PE-Folie	10,6	1275	1137
4 Expandierter Kork (ICB) 055	10,6	1275	550
5 Stahlbeton	-1,4	547	547
	-3,7	449	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 0,76$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]		s_d [m]
1 Fliesen	50	100	0,50	1,00	->	0,50
2 Zementestrich	15	35	0,60	1,40	->	0,60
3 PE-Folie	100000	100000	20,00	20,00		20,00
4 Expandierter Kork (ICB) 055	5	10	0,10	0,20	->	0,10
5 Stahlbeton	70	150	10,50	22,50	<-	22,50

$\Sigma \mu \cdot s =$						43,70

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Projekt: St. Nikolaus Schule

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

(Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{\text{sat}}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168 \text{ Pa}$ (Gl.3)

erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{\text{si, cr}}$	p_{sat} Pa	$\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ °C	R m²K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,84	1.387	11,82	0,47	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	nein

mit $\phi_{\text{si, cr}}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{\text{sat}} = p_i / \phi_{\text{si, cr}}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{\text{si}} / (1 - f_{\text{Rsi}}) - R_{\text{si}} - R_{\text{se}}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

mit $f_{\text{Rsi}} = (\theta_{\text{si}} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

(Ref-No 2.4.2)

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	547	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	21,20	43,70
Taubene / Taubereich	M_c g/m²	M_{ev} g/m²	t_{ev} h
vor Stahlbeton	* 30	71	912

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

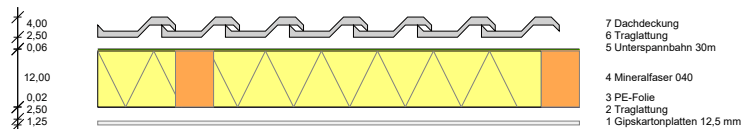
Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{\text{ev}} \geq M_c$

mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Steildach-gedämmt

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,25	900	11,3	0,210	0,060
02 Traglattung	2,50	-	2,0	-	0,180



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
04 Mineralfaser 040	12,00	20	2,4	0,040	3,000
05 Unterspannbahn 30m	0,06	-	-	-	-
06 Traglattung	2,50	-	2,0	-	-
07 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-
R _{se}					0,040
	d = 22,33	G = 57,9		R _T = 3,38	

$$U_{\text{Gefach}} = 0,296 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
8,0 cm	76,0 cm	10,5 %	65,2 kg/m²		
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m²K/W
R _{si}					0,100
01 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,25	900	11,3	0,210	0,060
02 Traglattung	2,50	-	2,0	-	0,180
03 PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
04 Nadelholz	12,00	600	72,0	0,130	0,923
05 Unterspannbahn 30m	0,06	-	-	-	-
06 Traglattung	2,50	-	2,0	-	-
07 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-
R _{se}					0,040
	22,33		127,5	R _T =	1,30

$$U_{(R)} = 0,768 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (89,47\% \cdot 1/3,380 + 10,53\% \cdot 1/1,303) = 2,89 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,895/0,060 + 0,105/0,060) + 1/(0,895/0,180 + 0,105/0,180) + 1/(0,895/3,000 + 0,105/0,923) + 0,04 = 2,81 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 2,85 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler = } R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 2 \%)$$

$$U = 1 / R_T = 0,351 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

$$\text{Wärmedurchgangskoeffizient } U_c = 0,351 + 0,008 = \mathbf{0,359 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

0,008 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht zwischen den Sparren. (5)

$$U\text{-Wert Gesamtkorrektur} < 3\% \Rightarrow U = 0,351 \text{ W/(m}^2\text{K)} \text{ (EN ISO 6946:2018, Nr.6.5.2)}$$

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

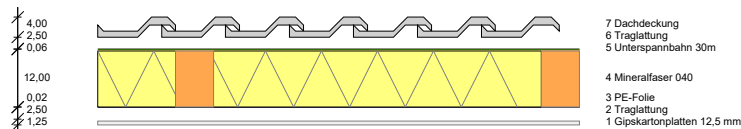
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau von Dachflächen sowie Decken und Wände zum unbeheizten Dachraum in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

$$U \quad 0,35 > 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \underline{\text{nicht eingehalten}}$$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Bauteil: Steildach-gedämmt

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck



Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	2000 Pa Sättigungsdampfdruck Dach
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipskartonplatten 12,5 mm	18,2	2094	1169
2 Traglattung	17,8	2040	1165
3 PE-Folie	16,5	1882	1164
4 Mineralfaser 040	16,5	1882	416
5 Unterspannbahn 30m	-4,7	412	412
6 Traglattung	-4,7	412	322
7 Dachdeckung	-4,7	412	328
	-4,7	412	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 3,53$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Gipskartonplatten 12,5 mm	8	8	0,10	0,10	0,10
2 Traglattung	1	1	0,03	0,03	0,03
3 PE-Folie	100000	100000	20,00	20,00	20,00
4 Mineralfaser 040	1	1	0,12	0,12	0,12
5 Unterspannbahn 30m	-	-	30,00	30,00	30,00
6 Traglattung	-	-	-	-	-
7 Dachdeckung	-	-	-	-	-
$\Sigma \mu \cdot s =$					50,25

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Projekt: St. Nikolaus Schule

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

(Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{\text{sat}}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168 \text{ Pa}$ (Gl.3)

erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{\text{si, cr}}$	p_{sat} Pa	$\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ °C	R m²K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,56	2.094	18,23	3,24	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{\text{si, cr}}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{\text{sat}} = p_i / \phi_{\text{si, cr}}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{\text{si}} / (1 - f_{\text{Rsi}}) - R_{\text{si}} - R_{\text{se}}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

mit $f_{\text{Rsi}} = (\theta_{\text{si}} - \theta_{\text{e}}) / (\theta_i - \theta_{\text{e}})$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

(Ref-No 2.4.2)

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	412	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	2.000	1.200
sd-Wert [m]	0	20,25	50,25
Taubene / Taubereich	M_c g/m²	M_{ev} g/m²	t_{ev} h
vor Unterspannbahn 30m	* 53	103	1.122

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

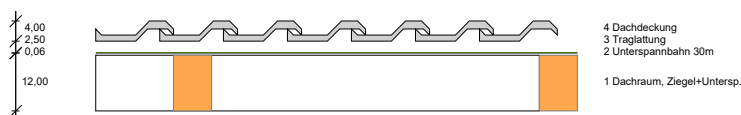
Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{\text{ev}} \geq M_c$

mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Steildach-ungedämmt (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Dachraum, Ziegel+Untersp.	12,00	–	–	–	0,200
02 Unterspannbahn 30m	0,06	–	–	–	–



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 Traglattung	2,50	-	2,0	-	-
04 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-
R _{se}					0,040
	d = 18,56	G = 42,0	R _T = 0,34		

$$U_{\text{Gefach}} = 2,941 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
8,0 cm	76,0 cm	10,5 %	49,6 kg/m ²		
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R _{si}					0,100
01 Nadelholz	12,00	600	72,0	0,130	0,923
02 Unterspannbahn 30m	0,06	-	-	-	-
03 Traglattung	2,50	-	2,0	-	-
04 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-
R _{se}					0,040
	18,56		114,0	R _T = 1,06	

$$U_{(R)} = 0,941 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (89,47\% \cdot 1/0,340 + 10,53\% \cdot 1/1,063) = 0,37 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,895/0,200 + 0,105/0,923) + 0,04 = 0,36 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 0,36 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 1 \%)$$

$$U = 1 / R_T = 2,762 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

$$\text{Wärmedurchgangskoeffizient } U_c = 2,762 + 0,008 = \mathbf{2,770 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

0,008 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht zwischen den Sparren. (5)

$$U\text{-Wert Gesamtkorrektur} < 3\% \Rightarrow U = 2,762 \text{ W/(m}^2\text{K)} \text{ (EN ISO 6946:2018, Nr.6.5.2)}$$

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

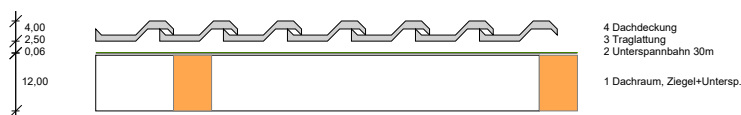
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau von Dachflächen sowie Decken und Wände zum unbeheizten Dachraum in Gebäuden/Zonen mit T_i ≥ 19 °C

$$U \quad 2,76 > 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \underline{\text{nicht eingehalten}}$$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Bauteil: Steildach-ungedämmt

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2024 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck

Projekt: St. Nikolaus Schule

2160 Stunden	p_s	2000 Pa Sättigungsdampfdruck Dach
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W
	R_{se}	0,04 m ² K/W

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke (Ref-No 2.2)

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Dachraum, Ziegel+Untersp.	7,2	1020	1169
2 Unterspannbahn 30m	-3,0	478	478
3 Traglattung	-3,0	478	1164
4 Dachdeckung	-3,0	478	416
	-3,0	478	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 0,49$ m²K/W

Diffusionswiderstände (Ref-No 2.3)

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Dachraum, Ziegel+Untersp.	1	1	0,12	0,12	0,12
2 Unterspannbahn 30m	-	-	30,00	30,00	30,00
3 Traglattung	-	-	-	-	-
4 Dachdeckung	-	-	-	-	-
				$\Sigma \mu \cdot s =$	30,12

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1) (Ref-No 2.4.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m ² K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	1,15	1.020	7,24	0,20	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	nein
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	nein

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25$ W/(m²K))

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

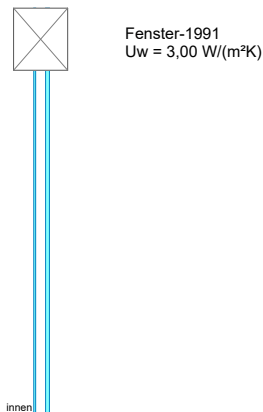


Projekt: St. Nikolaus Schule

Tauwasserbildung auf der Bauteiloberfläche, die Tauwasserbildung im Inneren des Bauteils (A.2)
kann nicht untersucht werden.

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Fenster-1991

(Ref-No 1.0)

2-Scheiben-Isolierverglasung oder 2 einzelne Glasscheiben

$U_g = 2,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Holz-Rahmen

Wärmedurchgangskoeffizient Gesamt-Fenster $U_w = 3,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Gesamtenergiedurchlassgrad für senkrechten Strahlungseinfall $g = 0,75$

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

$U_w = - \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 3,000 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Fenster mit $A_g = 60\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 75\%$)

$U_{\max}$ bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

(Ref-No 1.8.2)

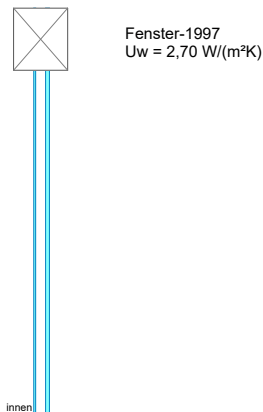
Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Fenster oder Fenstertüren in Gebäuden/Zonen mit

$T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

$U \quad 3,00 > 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \underline{\text{nicht eingehalten}}$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Fenster-1997

(Ref-No 1.0)

2-Scheiben-Isolierverglasung oder 2 einzelne Glasscheiben

$U_g = 2,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Holzrahmen (Verbundfenster, Kastenfenster)

Wärmedurchgangskoeffizient Gesamt-Fenster $U_w = 2,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Gesamtenergiedurchlassgrad für senkrechten Strahlungseinfall $g = 0,75$

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

$U_w = - \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 2,700 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Fenster mit $A_g = 60\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 75\%$)

$U_{\max}$ bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

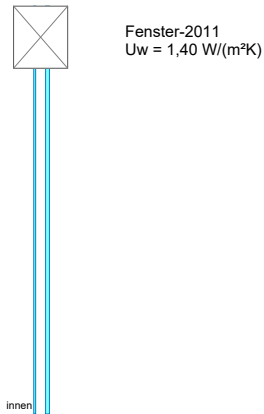
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Fenster oder Fenstertüren in Gebäuden/Zonen mit
 $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

U $2,70 > 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Fenster-2011

(Ref-No 1.0)

Fenster
Isolar Neutralux advance / uno
Fensterrahmen aus Aluminium

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

(Ref-No 1.5.1)

Sonderglas (Firmenangabe), 4/14/4 mm, $U_g 1.1$, g 58%, $t_{D65} = 0,78$
Weichholzrahmen 90mm (EN ISO 10077-1 D.2), $U_f 1.55$



Projekt: St. Nikolaus Schule

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1
(Ref-No 1.5.5)

Einfachfenster, Tabellenwert $U_W = 1,38 \text{ (1,4) W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zweischeiben-Isolierverglasung und 30% Rahmenanteil nach Tab. F.1
mit $U_g = 1,10$ und $U_f = 1,55 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_W = 1,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wärmedurchgangskoeffizient
(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,400 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)
(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 42\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

$U_{\max}$ bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Fenster oder Fenstertüren in Gebäuden/Zonen mit
 $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

$U \quad 1,40 > 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nicht eingehalten

Projekt: St. Nikolaus Schule

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: St. Nikolaus Schule

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 "Schule"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Vereinfachtes Einzonnenmodell nach GEG '20 § 32 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs
und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten
für Schulen, Kindertagesstätten

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: Schule-Referenz2020.dwe

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

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
Schule	208 Klassenzimmer	200	19,5	17,2	3484	11710
					3.484	11.710

Gebäude, $A_{NGF} = 3484,4 \text{ m}^2$ (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 Nachtabenkung

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



Projekt: St. Nikolaus Schule

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.2.0)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

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

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	F _x	Anmerkungen	H _T W/K
Bauteil 1, EG						
1 F 0101 FAW West	1:0	45,5	1,059 ##	1,00 FAW	51	48,2
2 F 0103 FAW West	1:0	45,7	1,059 ##	1,00 FAW	51	48,4
3 F 0104 FAW Nord	1:0	7,8	0,778 ##	1,00 FAW	51	6,0
4 F 0105 FAW West	1:0	15,5	0,778 ##	1,00 FAW	51	12,0
5 F 0106 FAW Süd	1:0	7,8	0,778 ##	1,00 FAW	51	6,0
6 F 0109 FAW Ost	1:0	79,6	1,059 ##	1,00 FAW	51	84,3
7 A 0101 FF West	1:0	15,2	3,000	1,00 FF	51 02	45,5
8 A 0103 FF West	1:0	15,2	3,000	1,00 FF	51 02	45,5
9 A 0105 FF West	1:0	10,4	3,000	1,00 FF	51 02	31,3
10 A 0109 FF Ost	1:0	68,2	3,000	1,00 FF	51 02	204,7
11 F 0100 Fg < zum Kelle	1:0	512,4	1,229 ##	0,55 FG	25 51 19 21	346,3
Bauteil 2, EG						
12 F 0201 FAW West	1:0	35,3	1,059 ##	1,00 FAW	51	37,4
13 F 0202 FAW Nord	1:0	4,4	0,778 ##	1,00 FAW	51	3,5
14 F 0203 FAW West	1:0	16,7	0,778 ##	1,00 FAW	51	13,0
15 F 0204 FAW Süd	1:0	4,4	0,778 ##	1,00 FAW	51	3,5
16 F 0206 FAW Süd	1:0	8,7	1,059 ##	1,00 FAW	51	9,2
17 F 0208 FAW Süd	1:0	3,3	1,059 ##	1,00 FAW	51	3,5
18 F 0209 FAW Ost	1:0	29,0	0,778 ##	1,00 FAW	51	22,5
19 F 0210 FAW Nord	1:0	49,8	1,059 ##	1,00 FAW	51	52,7
20 F 0211 FAW Ost	1:0	33,4	1,059 ##	1,00 FAW	51	35,3
21 F 0212 FAW Nord	1:0	29,8	0,778 ##	1,00 FAW	51	23,2
22 A 0201 FF West	1:0	12,8	3,000	1,00 FF	51 02	38,3
23 A 0203 FF West	1:0	12,5	3,000	1,00 FF	51 02	37,6
24 A 0206 FF Süd	1:0	4,3	3,000	1,00 FF	51 02	12,8
25 A 0209 FF Ost	1:0	10,8	3,000	1,00 FF	51 02	32,4
26 A 0210 FF Nord	1:0	39,4	3,000	1,00 FF	51 02	118,1
27 A 0211 FF Ost	1:0	4,2	3,000	1,00 FF	51 02	12,6
28 F 0200 Fg < zum Kelle	1:0	436,8	1,229 ##	0,55 FG	26 51 19 21	295,3
Bauteil 3, EG						
29 F 0302 FAW Süd	1:0	39,6	1,059 ##	1,00 FAW	51	41,9
30 F 0303 FAW S-O	1:0	64,9	1,059 ##	1,00 FAW	51	68,7
31 F 0304 FAW N-O	1:0	21,9	1,059 ##	1,00 FAW	51	23,2
32 F 0305 FAW N-W	1:0	32,8	1,059 ##	1,00 FAW	51	34,7
33 A 0302 FF Süd	1:0	9,6	3,000	1,00 FF	51 02	28,7
34 A 0303 FF S-O	1:0	38,3	3,000	1,00 FF	51 02	114,8
35 A 0304 FF N-O	1:0	16,5	3,000	1,00 FF	51 02	49,5
36 A 0305 FF N-W	1:0	19,8	3,000	1,00 FF	51 02	59,4
37 F 0300 FG < zum Kelle	1:0	387,2	1,229 ##	0,55 FG	27 51 19 21	261,7
Bauteil 4,Anbau 1, EG						
38 F 0407 FD	1:0	23,8	0,226 ##	1,00 FD	51	5,4



Projekt: St. Nikolaus Schule

39	F	0401	FAW West	1:0	12,5	0,386	##	1,00	FAW	51		4,8
40	F	0402	FAW Süd	1:0	20,1	0,386	##	1,00	FAW	51		7,8
41	F	0403	FAW West	1:0	9,9	0,386	##	1,00	FAW	51		3,8
42	F	0404	FAW Süd	1:0	28,6	0,386	##	1,00	FAW	51		11,1
43	F	0405	FAW Ost	1:0	22,9	0,386	##	1,00	FAW	51		8,8
44	A	0401	FF West	1:0	1,5	2,700		1,00	FF	51 02		4,2
45	A	0402	FF Süd	1:0	3,0	2,700		1,00	FF	51 02		8,2
46	A	0403	FF West	1:0	1,1	2,700		1,00	FF	51 02		3,1
47	A	0404	FF Süd	1:0	8,4	2,700		1,00	FF	51 02		22,6
48	A	0405	FF Ost	1:0	2,3	2,700		1,00	FF	51 02		6,2
49	F	0400	Fg <zum Kelle	1:0	91,8	1,229	##	0,65	FG	28 51 19 21		73,3
Bauteil 4, Anbau 2, EG												
50	F	0509	FD	1:0	49,0	0,355	##	1,00	FD	51		17,4
51	F	0501	FAW West	1:0	33,3	0,386	##	1,00	FAW	51		12,9
52	F	0502	FAW Süd	1:0	69,0	0,386	##	1,00	FAW	51		26,6
53	F	0506	FAW Nord	1:0	19,1	0,386	##	1,00	FAW	51		7,4
54	A	0502	FF Süd	1:0	9,1	2,700		1,00	FF	51 02		24,6
55	A	0506	FF Nord	1:0	6,8	2,700		1,00	FF	51 02		18,5
56	F	0500	FG	1:0	238,9	1,229	##	0,40	Ffb	29 51 19 14		117,4
Bauteil 4, Anbau 3, EG												
57	F	0603	FAW Nord	1:0	13,3	0,386	##	1,00	FAW	51		5,1
58	F	0604	FAW West	1:0	24,9	0,386	##	1,00	FAW	51		9,6
59	A	0604	FF West	1:0	12,1	2,700		1,00	FF	51 02		32,8
60	F	0600	FG	1:0	36,0	1,229	##	0,40	Ffb	29 51 19 14		17,7
Bauteil 4, Anbau 4, EG												
61	F	0708	FAW N-W	1:0	8,3	0,245	##	1,00	FAW	51		2,0
62	F	0710	FAW N-O	1:0	14,2	0,245	##	1,00	FAW	51		3,5
63	A	0708	FF N-W	1:0	0,8	1,400		1,00	FF	51 02		1,1
64	F	0700	FG	1:0	47,6	1,229	##	0,40	Ffb	29 51 19 14		23,4
Bauteil 4, Anbau 5, EG												
65	F	0805	FD	1:0	19,9	0,355	##	1,00	FD	51		7,1
66	F	0801	FAW West	1:0	25,5	0,386	##	1,00	FAW	51		9,8
67	F	0802	FAW Süd	1:0	9,6	0,386	##	1,00	FAW	51		3,7
68	F	0804	FAW Nord	1:0	9,6	0,386	##	1,00	FAW	51		3,7
69	A	0801	FF West	1:0	0,8	2,700		1,00	FF	51 02		2,1
70	A	0802	FF Süd	1:0	0,8	2,700		1,00	FF	51 02		2,1
71	A	0804	FF Nord	1:0	0,8	2,700		1,00	FF	51 02		2,1
72	F	0800	FG	1:0	19,9	1,229	##	0,40	Ffb	29 51 19 14		9,8
Bauteil 1, OG												
73	F	1012	FD	1:0	512,4	0,226		0,50	Fu	51 05 02		57,9
74	F	1001	FAW West	1:0	26,1	1,059	##	1,00	FAW	51		27,6
75	F	1003	FAW West	1:0	18,7	1,059	##	1,00	FAW	51		19,8
76	F	1005	FAW West	1:0	27,0	1,059	##	1,00	FAW	51		28,6
77	F	1006	FAW Nord	1:0	7,8	0,778	##	1,00	FAW	51		6,0
78	F	1007	FAW West	1:0	16,5	0,778	##	1,00	FAW	51		12,8
79	F	1008	FAW Süd	1:0	7,8	0,778	##	1,00	FAW	51		6,0
80	F	1010	FAW Ost	1:0	94,1	1,059	##	1,00	FAW	51		99,7
81	A	1001	FF West	1:0	7,6	3,000		1,00	FF	51 02		22,7
82	A	1003	FF West	1:0	7,6	3,000		1,00	FF	51 02		22,7
83	A	1005	FF West	1:0	7,6	3,000		1,00	FF	51 02		22,7
84	A	1007	FF West	1:0	9,4	3,000		1,00	FF	51 02		28,3

Projekt: St. Nikolaus Schule

85	A	1010	FF Ost	1:0	79,6	3,000	1,00	FF	51	02	238,8
Bauteil 2, OG											
86	F	1113	FDd	1:0	231,8	0,226	0,50	Fu	51	05 02	26,2
87	F	1101	FAW West	1:0	32,1	1,059 ##	1,00	FAW	51		34,0
88	F	1102	FAW Nord	1:0	4,4	0,778 ##	1,00	FAW	51		3,5
89	F	1103	FAW West	1:0	16,7	0,778 ##	1,00	FAW	51		13,0
90	F	1104	FAW Süd	1:0	4,4	0,778 ##	1,00	FAW	51		3,5
91	F	1106	FAW Süd	1:0	23,2	1,059 ##	1,00	FAW	51		24,6
92	F	1108	FAW Süd	1:0	3,3	1,059 ##	1,00	FAW	51		3,5
93	F	1109	FAW Ost	1:0	37,9	0,778 ##	1,00	FAW	51		29,5
94	F	1110	FAW Nord	1:0	44,3	1,059 ##	1,00	FAW	51		46,9
95	F	1111	FAW Ost	1:0	15,8	1,059 ##	1,00	FAW	51		16,7
96	F	1112	FAW Nord	1:0	39,6	0,778 ##	1,00	FAW	51		30,8
97	A	1101	FF West	1:0	15,9	3,000	1,00	FF	51	02	47,9
98	A	1103	FF West	1:0	12,5	3,000	1,00	FF	51	02	37,6
99	A	1106	FF Süd	1:0	12,8	3,000	1,00	FF	51	02	38,5
100	A	1109	FF Ost	1:0	1,9	3,000	1,00	FF	51	02	5,7
101	A	1110	FF Nord	1:0	35,1	3,000	1,00	FF	51	02	105,3
102	A	1111	FF Ost	1:0	21,8	3,000	1,00	FF	51	02	65,3
Bauteil 3, OG											
103	F	1209	FDd	1:0	193,6	0,226	0,50	Fu	51	05 02	21,9
104	F	1202	FAW Süd	1:0	39,6	1,059 ##	1,00	FAW	51		41,9
105	F	1203	FAW S-O	1:0	64,9	1,059 ##	1,00	FAW	51		68,7
106	F	1204	FAW N-O	1:0	21,9	1,059 ##	1,00	FAW	51		23,2
107	F	1205	FAW N-W	1:0	32,8	1,059 ##	1,00	FAW	51		34,7
108	A	1202	FF Süd	1:0	9,6	3,000	1,00	FF	51	02	28,7
109	A	1203	FF S-O	1:0	38,3	3,000	1,00	FF	51	02	114,8
110	A	1204	FF N-O	1:0	16,5	3,000	1,00	FF	51	02	49,5
111	A	1205	FF N-W	1:0	19,8	3,000	1,00	FF	51	02	59,4
Bauteil 4,Anbau 1, OG											
112	F	1302	FAW West	1:0	22,9	0,386 ##	1,00	FAW	51		8,8
113	F	1303	FAW Süd	1:0	28,6	0,386 ##	1,00	FAW	51		11,1
114	F	1304	FAW Ost	1:0	22,9	0,386 ##	1,00	FAW	51		8,8
115	A	1302	FF West	1:0	2,3	2,700	1,00	FF	51	02	6,2
116	A	1303	FF Süd	1:0	8,4	2,700	1,00	FF	51	02	22,6
117	A	1304	FF Ost	1:0	2,3	2,700	1,00	FF	51	02	6,2
Bauteil 4, Anbau 2, OG											
118	F	1401	FAW West	1:0	28,7	0,386 ##	1,00	FAW	51		11,1
119	F	1402	FAW Süd	1:0	69,0	0,386 ##	1,00	FAW	51		26,6
120	F	1404	FAW Nord	1:0	5,1	0,386 ##	1,00	FAW	51		2,0
121	F	1405	FAW Ost	1:0	19,1	0,386 ##	1,00	FAW	51		7,4
122	A	1401	FF West	1:0	4,6	2,700	1,00	FF	51	02	12,3
123	A	1402	FF Süd	1:0	9,1	2,700	1,00	FF	51	02	24,6
124	A	1404	FF Nord	1:0	2,3	2,700	1,00	FF	51	02	6,2
125	A	1405	FF Ost	1:0	6,8	2,700	1,00	FF	51	02	18,5



Projekt: St. Nikolaus Schule

130	F	1611	FD	1:0	47,6	0,355	##	1,00	FD	51		16,9
131	F	1601	FAW N-W	1:0	22,9	0,245	##	1,00	FAW	51		5,6
132	F	1608	FAW N-W	1:0	8,3	0,245	##	1,00	FAW	51		2,0
133	F	1610	FAW N-O	1:0	14,2	0,245	##	1,00	FAW	51		3,5
134	A	1601	FF N-W	1:0	3,0	1,400		1,00	FF	51	02	4,3
135	A	1608	FF N-W	1:0	0,8	1,400		1,00	FF	51	02	1,1
Bauteil 4, Anbau 5, OG												
136	F	1701	FAW West	1:0	23,7	0,386	##	1,00	FAW	51		9,1
137	F	1702	FAW Süd	1:0	9,3	0,386	##	1,00	FAW	51		3,6
138	F	1703	FAW West	1:0	19,4	0,386	##	1,00	FAW	51		7,5
139	F	1704	FAW Nord	1:0	9,3	0,386	##	1,00	FAW	51		3,6
140	F	1705	FAW West	1:0	23,0	0,386	##	1,00	FAW	51		8,9
141	F	1706	FAW Süd	1:0	9,3	0,386	##	1,00	FAW	51		3,6
142	F	1710	FAW Nord	1:0	9,3	0,386	##	1,00	FAW	51		3,6
143	A	1701	FF West	1:0	3,3	2,700		1,00	FF	51	02	8,9
144	A	1702	FF Süd	1:0	1,0	2,700		1,00	FF	51	02	2,7
145	A	1703	FF West	1:0	6,8	2,700		1,00	FF	51	02	18,4
146	A	1704	FF Nord	1:0	1,0	2,700		1,00	FF	51	02	2,7
147	A	1705	FF West	1:0	3,3	2,700		1,00	FF	51	02	8,9
148	A	1706	FF Süd	1:0	1,0	2,700		1,00	FF	51	02	2,8
149	A	1710	FF Nord	1:0	1,0	2,700		1,00	FF	51	02	2,7
150	F	1700	FG	1:0	40,3	0,298	##	0,50	Ffb	29	51 19 14	6,0
Bauteil 4, Anbau 1, Dach												
151	F	1903	FD Ost 39°	1:0	21,4	0,351	##	1,00	FD	51		7,5
152	F	1904	FD West 39°	1:0	21,4	0,351	##	1,00	FD	51		7,5
153	F	1905	FD Ost 39°	1:0	21,4	0,351	##	1,00	FD	51		7,5
154	F	1906	FD West 39°	1:0	21,4	0,351	##	1,00	FD	51		7,5
155	F	1900	FAW Süd	1:0	10,0	0,386	##	1,00	FAW	51		3,9
Bauteil 4, Anbau 2, Dach												
156	F	2002	FD Ost 31°	1:0	78,4	0,351	##	1,00	FD	51		27,5
157	F	2003	FD West 31°	1:0	78,4	0,351	##	1,00	FD	51		27,5
158	F	2000	FAW Süd	1:0	27,1	0,386	##	1,00	FAW	51		10,5
159	A	2000	FF Süd	1:0	2,7	2,700		1,00	FF	51	02	7,3
Bauteil 4, Anbau 2, Dach												
160	F	2102	FD Süd 35°	1:0	37,8	0,351	##	1,00	FD	51		13,3
161	F	2103	FD Nord 35°	1:0	37,8	0,351	##	1,00	FD	51		13,3
Bauteil 4, Anbau 3, Dach												
162	F	2203	FD Ost 39°	1:0	11,5	0,351	##	1,00	FD	51		4,0
163	F	2204	FD West 39°	1:0	11,5	0,351	##	1,00	FD	51		4,0
164	F	2205	FD Ost 39°	1:0	11,5	0,351	##	1,00	FD	51		4,0
165	F	2206	FD West 39°	1:0	11,5	0,351	##	1,00	FD	51		4,0
166	F	2209	FAW Nord	1:0	10,0	0,386	##	1,00	FAW	51		3,9
Bauteil 4, Anbau 5, Dach												
167	F	2302	FD Süd 29°	1:0	22,9	0,351	##	1,00	FD	51		8,0
168	F	2303	FD Nord 29°	1:0	22,9	0,351	##	1,00	FD	51		8,0
169	F	2300	FAW West	1:0	14,2	0,386	##	1,00	FAW	51		5,5

$\Sigma A [m^2] = 5.911,8$

$\Sigma H_T [W/K] = 4.911,5$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 512,37 / 42,00 = 12,20 \text{ m}$



Projekt: St. Nikolaus Schule

2. Bodenplattenmaß B' (26) = 10,82 = 10,82 m
3. Bodenplattenmaß B' (27) = 11,77 = 11,77 m
4. Bodenplattenmaß B' (28) = 6,15 = 6,15 m
5. Bodenplattenmaß B' (29) = 7,48 = 7,48 m

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).
- 05 Wärmeverluste zum unbeheizten, wärmeschutzverglasten Glasvorbau.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 21 Kellerdecke / Innenwand zum unbeheizten Keller, Kellerfußboden ungedämmt, ohne Perimeterdämmung.
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F_x -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 26 F_x -Tabellenwert für das 2. Bodenplattenmaß.
- 27 F_x -Tabellenwert für das 3. Bodenplattenmaß.
- 28 F_x -Tabellenwert für das 4. Bodenplattenmaß.
- 29 F_x -Tabellenwert für das 5. Bodenplattenmaß.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.

2.1 Wärmebrücken

(Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 295,6 \text{ W/K}$ (6,0 %, 0,050 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

(Ref-No 5.2.2)

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
Schule	4056	174	977	5207	0	0
	4056	174	977	5207		

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 5.207,1 / 5.911,8 = \mathbf{0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$



Projekt: St. Nikolaus Schule

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

		opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U _{max}	T _i ≥ 19°C	0,28	1,50	1,50	2,50
U _{max}	T _i < 19°C	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen	T _i ≥ 19°C	0,64	1,38		

kleinste Grenzwertunterschreitung: U = 0,64 W/(m²K) = 0,28 W/(m²K) +127,1%

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), n₅₀ = 2,00 h⁻¹
Nettoraumvolumen > 1.500 m³ ⇒ n₅₀ = q₅₀ * Σ A / V = 3*5912 / 11710 = 1,51 (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		Fenster	Lüftungsanlage	
				n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	n _{win} h ⁻¹	n _{m, ZUL} h ⁻¹	t _{V, m} h/d
Schule	-	1,51	10,00	2,98	0,11	0,73	1,19	9
⇒ WE-Betrieb ...								
Schule			0,00	0,00	0,11	0,10		

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit V_{SUP}/ETA = 13934 / 13934 m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert

n₅₀ = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = V_A * A_{NGF} / V während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = n₅₀ * e_{wind} * f_{ATD} mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

n_{inf} = n₅₀ * e_{wind} * f_{ATD} * (1 + (1 - f_e) * t_{V, mech} / 24) mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = n_{win, min} + Δn_{win} * t_{nutz} / 24, mit RLT = n_{win, min} + Δn_{win, mech} * t_{V, mech} / 24
mit n_{win, min} = 0.1, in Wohngebäuden n_{win, min} = saisonal nach Gl.77



Projekt: St. Nikolaus Schule

$\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) * n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$
 $n_{mech,ZUL}$ = 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	HV, z, Jan W/K	HV, inf W/K	HV, win W/K	Σ HV W/K	HV, mech W/K	θV, Jan °C
Schule	11.710	0	422	2915	3.338	1777	2,9
		0	422	2915	3338	1777	
⇒ WE-Betrieb ...							
Schule		0	422	398	821		
		0	422	398	821		

$HV_{z} = V * 0.34$ [W/K] = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 HV = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n * V * c_{p,a} * \rho_a = n * V * 0.34$ [W/K]
 $HV_{win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} * HV_{win} = (0.04 * \theta_e + 0.8) * HV_{win}$ [W/K] (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma HV = HV_{z,Jan} + HV_{inf} + HV_{win}$, 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 (Ref-No 5.4.1)

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

Kollektorfläche	Zone	A _g m²	I _S , Jan/Jul W/m²	g _{eff} , Jan/Jul %	Q _S , Jan/Jul kWh/d
7 A 0101 FF West	1	10,61	17/ 117	55/ 55 7100	2,4/ 16,3
8 A 0103 FF West	1	10,61	17/ 117	55/ 55 "	2,4/ 16,3
9 A 0105 FF West	1	7,30	17/ 117	55/ 55 "	1,6/ 11,2
10 A 0109 FF Ost	1	47,75	25/ 138	55/ 55 "	15,7/ 86,5
22 A 0201 FF West	1	8,93	17/ 117	55/ 55 "	2,0/ 13,7
23 A 0203 FF West	1	8,78	17/ 117	55/ 55 "	2,0/ 13,5
24 A 0206 FF Süd	1	3,00	59/ 113	55/ 55 "	2,3/ 4,4
25 A 0209 FF Ost	1	7,56	25/ 138	55/ 55 "	2,5/ 13,7
26 A 0210 FF Nord	1	27,57	10/ 81	55/ 55 "	3,6/ 29,3
27 A 0211 FF Ost	1	2,94	25/ 138	55/ 55 "	1,0/ 5,3
33 A 0302 FF Süd	1	6,70	59/ 113	55/ 55 "	5,2/ 9,9



Projekt: St. Nikolaus Schule

34	A	0303	FF	S-O	1	26,80	50/ 132	55/ 55	"	17,6/ 46,4
35	A	0304	FF	N-O	1	11,55	11/ 112	55/ 55	"	1,7/ 17,0
36	A	0305	FF	N-W	1	13,86	11/ 95	55/ 55	"	2,0/ 17,3
44	A	0401	FF	West	1	1,08	17/ 117	55/ 55	"	0,2/ 1,7
45	A	0402	FF	Süd	1	2,13	59/ 113	55/ 55	"	1,6/ 3,2
46	A	0403	FF	West	1	0,80	17/ 117	55/ 55	"	0,2/ 1,2
47	A	0404	FF	Süd	1	5,86	59/ 113	55/ 55	"	4,5/ 8,7
48	A	0405	FF	Ost	1	1,61	25/ 138	55/ 55	"	0,5/ 2,9
54	A	0502	FF	Süd	1	6,38	59/ 113	55/ 55	"	4,9/ 9,5
55	A	0506	FF	Nord	1	4,79	10/ 81	55/ 55	"	0,6/ 5,1
59	A	0604	FF	West	1	8,50	17/ 117	55/ 55	"	1,9/ 13,0
63	A	0708	FF	N-W	1	0,54	11/ 95	31/ 31	"	0,0/ 0,4
69	A	0801	FF	West	1	0,54	17/ 117	55/ 55	"	0,1/ 0,8
70	A	0802	FF	Süd	1	0,54	59/ 113	55/ 55	"	0,4/ 0,8
71	A	0804	FF	Nord	1	0,54	10/ 81	55/ 55	"	0,1/ 0,6
73	F	1012	FD		1	358,66	29/ 210	58/ 58	"	145,5/1054,2
81	A	1001	FF	West	1	5,31	17/ 117	55/ 55	"	1,2/ 8,1
82	A	1003	FF	West	1	5,31	17/ 117	55/ 55	"	1,2/ 8,1
83	A	1005	FF	West	1	5,31	17/ 117	55/ 55	"	1,2/ 8,1
84	A	1007	FF	West	1	6,61	17/ 117	55/ 55	"	1,5/ 10,1
85	A	1010	FF	Ost	1	55,71	25/ 138	55/ 55	"	18,3/100,9
86	F	1113	FDd		1	162,29	29/ 210	58/ 58	"	65,9/477,0
97	A	1101	FF	West	1	11,16	17/ 117	55/ 55	"	2,5/ 17,1
98	A	1103	FF	West	1	8,78	17/ 117	55/ 55	"	2,0/ 13,5
99	A	1106	FF	Süd	1	8,99	59/ 113	55/ 55	"	7,0/ 13,3
100	A	1109	FF	Ost	1	1,33	25/ 138	55/ 55	"	0,4/ 2,4
101	A	1110	FF	Nord	1	24,57	10/ 81	55/ 55	"	3,2/ 26,1
102	A	1111	FF	Ost	1	15,22	25/ 138	55/ 55	"	5,0/ 27,6
103	F	1209	FDd		1	135,53	29/ 210	58/ 58	"	55,0/398,4
108	A	1202	FF	Süd	1	6,70	59/ 113	55/ 55	"	5,2/ 9,9
109	A	1203	FF	S-O	1	26,80	50/ 132	55/ 55	"	17,6/ 46,4
110	A	1204	FF	N-O	1	11,55	11/ 112	55/ 55	"	1,7/ 17,0
111	A	1205	FF	N-W	1	13,86	11/ 95	55/ 55	"	2,0/ 17,3
115	A	1302	FF	West	1	1,61	17/ 117	55/ 55	"	0,4/ 2,5
116	A	1303	FF	Süd	1	5,86	59/ 113	55/ 55	"	4,5/ 8,7
117	A	1304	FF	Ost	1	1,61	25/ 138	55/ 55	"	0,5/ 2,9
122	A	1401	FF	West	1	3,19	17/ 117	55/ 55	"	0,7/ 4,9
123	A	1402	FF	Süd	1	6,38	59/ 113	55/ 55	"	4,9/ 9,5
124	A	1404	FF	Nord	1	1,60	10/ 81	55/ 55	"	0,2/ 1,7
125	A	1405	FF	Ost	1	4,79	25/ 138	55/ 55	"	1,6/ 8,7
128	A	1503	FF	Nord	1	1,08	10/ 81	55/ 55	"	0,1/ 1,1
129	A	1504	FF	West	1	4,25	17/ 117	55/ 55	"	0,9/ 6,5
134	A	1601	FF	N-W	1	2,13	11/ 95	31/ 31	"	0,2/ 1,5
135	A	1608	FF	N-W	1	0,54	11/ 95	31/ 31	"	0,0/ 0,4
143	A	1701	FF	West	1	2,32	17/ 117	55/ 55	"	0,5/ 3,6
144	A	1702	FF	Süd	1	0,71	59/ 113	55/ 55	"	0,5/ 1,0
145	A	1703	FF	West	1	4,78	17/ 117	55/ 55	"	1,1/ 7,3
146	A	1704	FF	Nord	1	0,71	10/ 81	55/ 55	"	0,1/ 0,8
147	A	1705	FF	West	1	2,32	17/ 117	55/ 55	"	0,5/ 3,6
148	A	1706	FF	Süd	1	0,73	59/ 113	55/ 55	"	0,6/ 1,1
149	A	1710	FF	Nord	1	0,71	10/ 81	55/ 55	"	0,1/ 0,8



Projekt: St. Nikolaus Schule

159 A 2000 FF Süd	1	1,88	59/ 113	55/ 55	"	1,5/ 2,8
1.138,00						432/ 2674

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnozonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

a_{Wj} / a_{S0} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

(Ref-No 5.4.2)

nicht bilanziert

4.3 solare Wärmegewinne

(Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
Schule	50.313	32.917	12.636	7.533	13.402	16.393	40.151	580.115
	50.313	32.917	12.636	7.533	13.402	16.393	40.151	580.115

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

(Ref-No 5.5.0)

Zone	A_B m^2	$Q_{I,p}$ kWh/d	$Q_{I,fac}$ kWh/d	$Q_{I,g}$ kWh/d	Q_I kWh/d
Schule	3484	348,4	69,7	0,0	418,1



Projekt: St. Nikolaus Schule

⇒ WE-Betrieb ...

Schule - - 0,0 0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
Schule	0,0	102,5	66,5	9,7	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	Σ H _T W/K	Σ H _V W/K	Σ H _{V,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
Schule	5207	3337	1777	4679	1051	0,225
Zone	C _{wirk} Wh / (m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
Schule	50	10321	16,88	2,06	0,964	0,991

Σ H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu} = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, H_{T,iu} siehe Q_{sink}

Σ H_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

Σ H_{V,mech} = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

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

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

γ = Q_{source} / Q_{sink} = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

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

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

a = a₀ + τ / τ₀ = 1 + τ / 16 = numerischer Parameter

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)



Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"
Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

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

7.1 Zone Schule (Ref-No 5.7.1)

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0
Monatliche Heizzeiten t_h nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".
Der Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb $\Delta Q_{C,b,WE}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 418,1$ kWh/d
Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,641	0,825	0,954	0,974	0,964	0,951	0,867	0,657
$\eta_{source, WE}$		0,436	0,816	0,988	0,998	0,991	0,980	0,857	0,603
$\Delta Q_{C,b, WE}$	kWh	9.906	3.087	2.987	3.087	3.087	2.788	3.087	56.043
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.528
$Q_{h,b, RE}$	kWh	9.785	23.371	49.242	65.560	62.275	51.312	37.108	328.673
$Q_{h,b, WE}$	kWh	-	3.581	17.832	25.873	23.163	17.838	7.945	96.235
Q_T	kWh	21.908	38.857	55.261	67.916	67.577	58.290	55.075	455.709
Q_V	kWh	11.838	22.844	33.763	42.059	41.626	35.849	33.091	265.784
Q_S^*	kWh	27.594	27.019	12.248	7.417	13.081	15.807	34.638	256.427
Q_I^*	kWh	5.563	7.730	9.702	11.125	10.684	9.181	8.475	77.592

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

$\Delta Q_{C,b, WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (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 Summe Heizwärmebedarf (Ref-No 5.7.2)

	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/ (m² a)
Schule	455.709	265.784	256.427	77.592	424.908	121,9
	455.709	265.784	256.427	77.592	424.908	121,9



Projekt: St. Nikolaus Schule

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

(Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ $^{\circ}\text{C}$
Schule	mT	000		2,9

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 13934 / 13934 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

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

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V, \text{SUP}}$ kW	$P_{V, \text{ETA}}$ kW	W_V, Jan kWh
Schule	13934	153	0,00	0,00	-

RLT-Anlage nicht vorgesehen

$V_{\text{mech, m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen
 $t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im Regelbetrieb
 $P_{V, \text{SUP}} / P_{V, \text{ETA}}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren
 W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

Projekt: St. Nikolaus Schule

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung (Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4) (Ref-No 5.10.0)

10.1 Tageslichtbereiche (Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (1), 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} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 Schule » Ost	Ost 1	300	2721,7	688,1	gut	90

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
Schule	3484	2.722	763

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

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

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

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

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

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

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

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1 Schule » Ost	1	90	60	54	48	43	40	38	37

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

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



Projekt: St. Nikolaus Schule

10.3 Kunstlichtversorgung (Ref-No 5.10.3)

Ermittlung der Tag- und Nachtstunden nach T10, Anhang B, Zone "Schule"
Standort: , Betriebszeit von 8 bis 15 Uhr
Sonnenaufgang t_{SA} und Sonnenuntergang t_{SU} in Tagesstunden MEZ (z.B. 5,5 = 5:30 Uhr)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t_{SA}	h	5,9	5,7	5,8	6,0	6,2	6,2	6,1	
t_{SU}	h	17,9	17,7	17,8	18,0	18,2	18,2	18,1	
t_{Tag}	h	115	119	115	119	119	107	119	1.400
t_{Nacht}	h	-	-	-	-	-	-	-	-

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (2) Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m ²	$f_{Prä}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 Schule » Ost	1	300	1-2-1	8,3	0,88	57	1225	0	1277
2 A in <1> ohne TL	1	300	1-2-1	8,3	0,88	0	1225	0	658
									1935

1-2-1 (1.14): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät VVG verlustarm, direkt, $A_{KL} = 3.484 \text{ m}^2$
Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$ (Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
Schule	1.477	1.638	1.729	1.958	1.742	1.449	1.503	18.455
	1.477	1.638	1.729	1.958	1.742	1.449	1.503	18.455

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = 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 = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{l,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7) (Ref-No 5.11.0)



Projekt: St. Nikolaus Schule

11.1 Kühlenergiebedarf (Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q _{sink}	Q _{source}	γ	c _{wirk}	τ	η
Schule	615	3183	5,174	50,000	16,88	0,188

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{C,b} (Raumklima)								
Schule	240	442	646	3.477	16.270	31.058	41.541	195.780

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme Q_{C,b}

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

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

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung Q_{C,max} (Ref-No 5.11.2)

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

Zone	t _{C,op,d} h/d	Q _{C,max, Juli} kW	Q _{C,max, Sept} kW	techn. gekühlt
Schule	9	592,5	434,2	nein
		592,5	434,2	

Q_{C,max} = 0.8 * (Q_{source} - Q_{sink}) * (1 + 0.3 * EXP(-τ/120)) - c_{wirk}/60 * (Δθ - 2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_C - 1) (T2, C.1)

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

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) (Ref-No 5.12.0)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	q _{w,b} kWh/d je	Menge	Q _{w,b, Jan} kWh/M
Schule	Schule mit Dusc	0,500	m ² Klassenräu	3484
				29.594

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

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche ANGF



Projekt: St. Nikolaus Schule

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	1/	1,00	348.440
2			

12.3 Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

Verteilungssystem: Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2018, Zirkulationsbetrieb an $z = 7,0$ h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen bis 1980

mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation, im Zirkulationsbetrieb $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,70$ m³/h, $\Delta p = 24,4$ kPa, $P_{hydr} = 4,769$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 8,7$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

	Verteilung (V)				Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1								
Leitungslängen l_i	105 m				34 m		80 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i	0,400 W/(mK)				0,400 W/(mK)		0,400 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$	30,0 °C				30,0 °C		30,0 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$	13,0 °C				19,5 °C		19,5 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

$Q_{w,b}$	kWh	28.639	29.594	28.639	29.594	29.594	26.730	29.594	348.440
$Q_{w,d,V}$	kWh	628	649	628	649	649	586	649	7.636
$Q_{w,d,S}$	kWh	153	160	158	165	165	148	163	1.886
$Q_{w,d,St}$	kWh	120	129	130	137	137	123	133	1.515
$Q_{w,d}$	kWh	900	937	915	951	951	857	945	11.037
$W_{w,d}$	kWh	5	5	5	5	5	4	5	58
$Q_{I,w,d}$	kWh	273	289	288	302	302	272	296	3.401

Aufteilung $Q_{I,w,d}$ nach Grundflächenanteilen

$Q_{w,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes der Warmwasserverteilung nach DIN V 18599-8, Abs. 6.2

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Stichleitungen (St) nach Tab.10 oder manuell

$Q_{I,w,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne"

$W_{w,d}$ = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe



Projekt: St. Nikolaus Schule

12.4 Warmwasserspeicher

(Ref-No 5.12.4)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 1.364$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 5,4$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)

Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_l 13,0$ °C (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode $22,0$ °C

Speicher-Wärmeverlust $Q_{w,s} = f_{con} * (55 - T_u) / 45 * d_{op,mth} * Q_{s,P0,day}$ mit $f_{con} = 1,2$ (Gl.25)

Speicherladepumpe mit $P_p = 196$ W, Hilfsenergiebedarf $W_{w,s}$

Erzeugernutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d}$ monatlich

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1									
$Q_{w,outg}$	kWh	29.539	30.531	29.554	30.544	30.544	27.587	30.538	359.477
$Q_{w,s}$	kWh	99	102	99	102	102	92	102	1.118
$W_{w,s}$	kWh	266	275	266	275	275	249	275	3.239

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

(Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

(Ref-No 5.12.6)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1									
$Q_{w,outg}$	kWh	29.638	30.633	29.653	30.647	30.646	27.679	30.641	360.595

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

(Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung

(Ref-No 5.12.8)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1



Projekt: St. Nikolaus Schule

Wärmeerzeuger 10 NT-Gebläsekessel (Erdgas) nach 1994 (REF'07) 415,8 kW (Erdgas), siehe Heizbereich 1

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 92,4 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0038 \text{ kW}$
elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb $P_{aux,Pn} = 813 \text{ W}$, im Schlummerbetrieb $P_{aux,P0} = 20 \text{ W}$
mittlere Kesseltemperatur 43 °C , Kesselaufstellung im unbeheizten Bereich (13 °C)

Nutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d} + Q_{w,s}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1									
$Q_{w,outg}$	kWh	29.638	30.633	29.653	30.647	30.646	27.679	30.641	360.595
$t_{w,Pn,d}$	h/d	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	
$Q_{w,g}$	kWh	1.126	1.164	1.127	1.165	1.165	1.052	1.164	13.698
$Q_{w,f}$	kWh	30.764	31.797	30.780	31.811	31.811	28.732	31.805	374.293
$W_{w,gen}$	kWh	64	67	64	67	67	60	67	784

mit $Q_{w,outg}$ = Nutzwärmebedarf der Erzeugung, $t_{w,Pn,d}$ = Laufzeit des Kessels im WW-Betrieb, $Q_{w,g}$ = Wärmeverlust des Kessels im WW-Betrieb und ggf. anteilig im Stillstand, $Q_{w,f} = Q_{w,outg} + Q_{w,g}$ = Endenergiebedarf, $W_{w,gen}$ = Hilfsenergiebedarf

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung (Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	29.638	30.633	29.653	30.647	30.646	27.679	30.641	360.595
$Q_{w,f}$	kWh	30.764	31.797	30.780	31.811	31.811	28.732	31.805	374.293
$W_{w,f}$	kWh	335	347	336	347	347	313	347	4.082
Erdgas	kWh	30.764	31.797	30.780	31.811	31.811	28.732	31.805	374.293
$Q_{I,w,<1>}$	kWh/d	9,1	9,3	9,6	9,7	9,7	9,7	9,6	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung
 $W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{I,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste
Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5) (Ref-No 5.13.0)



Projekt: St. Nikolaus Schule

13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$ (Ref-No 5.13.1)

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
Schule	166,6	53,4	13934	151,6	371,6

$Q_{T,max}$ = 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

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

$Q_{V,mech} = 0,34 \cdot V_{mech} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_v)$ = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + 0,5 \cdot Q_{V,max} + Q_{V,mech}$ = erforderliche Heizleistung in der Gebäudezone (T2 Gl.B.4)

13.2 Eingesetzte Heizsysteme (Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr		1/	424.908	371,6	415,8
2					

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 90/70 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$ kWh	9.785	26.952	67.074	91.433	85.438	69.151	45.053	424.908

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 (Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr", Leitzone Schule

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$ h/m	395	744	720	744	744	672	744	5.528
$t_{h,rL,d} <1>$ h/d	9	9	13	15	15	15	13	
$d_{h,rB} <1>$ d/m	9	20	22	24	24	21	22	163
$t_{h,rL} <1>$ h/m	83	186	285	370	367	312	282	2.063

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

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

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

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

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

Projekt: St. Nikolaus Schule

13.4 Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 90/70 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (1,2+0,3)/2 + 1,2+0+0,2+0 = 2,15^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,2%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	9.785	26.952	67.074	91.433	85.438	69.151	45.053	424.908
$Q_{h,ce}$	kWh	3.398	5.453	9.234	10.584	9.939	8.424	6.431	60.451
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	13.183	32.405	76.309	102.017	95.377	77.575	51.485	485.358

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

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

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

13.5 Heizwärmeverteilung

(Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr

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

Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 3484,4 \text{ m}^2$, Geschosshöhe

i.M. = 3,20 m, 2 Geschosse, $L_{char} = 15,9 \text{ m}$.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 90^\circ\text{C}$ / $\theta_{RA} = 70^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 21,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen 1980 bis 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 38 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe , P_{Pumpe} unbekannt



Projekt: St. Nikolaus Schule

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	4.228,9 m	289,9 m	302,5 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,300 W/(mK)	0,400 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung $Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr								
$\beta_{h,d}$	0,09	0,12	0,29	0,37	0,34	0,31	0,19	
$\theta_{VL,av}$ °C	31,8	34,2	47,3	53,0	51,4	49,1	39,9	
$\theta_{RL,av}$ °C	28,7	30,4	39,7	43,7	42,6	40,9	34,4	
$Q_{h,d}$ kWh	1.386	3.508	8.747	13.240	12.618	10.067	6.766	59.346
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{l,h,d}$ kWh	177	476	1.393	2.181	2.062	1.622	1.006	9.419

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 12,2 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 1,9 \%$
Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3
Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9
 $Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,rL,i}/1000$ [kWh] (Gl.52)
 $Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung (Ref-No 5.13.6)

(1) freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr								
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$ kWh	14.569	35.913	85.055	115.257	107.995	87.642	58.250	544.704

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

Projekt: St. Nikolaus Schule

13.9 Heizungsärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeezeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr", Zonen 1 ($A_{NGF} = 3.484 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeezeuger

1. NT-Gebläse-Heizkessel Erdgas (REF) (51), $P_n = 415,8 \text{ kW}$ (Erdgas)

Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ °C}$, außerhalb der thermischen Hülle

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,\text{Jan}} = 4,34 \text{ h/d}$

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,924$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 0,929$ (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0038 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 83,70 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 23,01 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 1,39 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,813 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,271 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,020 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 } (d_{h,rB} > 1)$

$\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$

$Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} \cdot d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeezeugung [kWh/m], Gl.178}$

$Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeezeugung}$

$W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$

$Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeezeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) freie Heizflächen 90 / 70°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	14.569	35.913	85.055	115.257	107.995	87.642	58.250	544.704
$\beta_{h,1}$		0,82	0,87	1,08	1,05	0,99	0,96	0,76	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	2.899	7.176	17.164	23.233	21.735	17.616	11.550	109.257
$Q_{h,f}$	kWh	17.468	43.089	102.219	138.490	129.730	105.258	69.801	653.961
$W_{h,gen}$	kWh	20	91	195	259	244	200	139	1.250

13.11 Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	17.468	43.089	102.219	138.490	129.730	105.258	69.801	653.961
W_h	kWh	20	91	195	260	244	200	139	1.250
Erdgas	kWh	17.468	43.089	102.219	138.490	129.730	105.258	69.801	653.117
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	5,9	15,3	46,4	70,4	66,5	57,9	32,5	

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Ungeregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Projekt: St. Nikolaus Schule

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

14.1 Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

(Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
Erdgas	Warmwasser	1/	374.293	1,10	1,11	370.921
Erdgas	Heizwärme	1/	653.117	1,10	1,11	647.233
Strom-Mix	Beleuchtung	1/	18.455	1,80	1,00	33.218
Strom-Mix	Hilfsenergie		5.332	1,80	1,00	9.597
Σ [kWh/Jahr]			1.051.197			1.060.969

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 1.060.969 / 3.484 = 304,5$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 3.484$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 1.051.197 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = $337201,1 + 588393,7 + 18454,6 + 5331,8 = 949381$ kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 1,5 kWh/(m²a), Erdgas 294,9 kWh/(m²a), Strom-Mix 5,3 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
Erdgas	337.201	240	80.928	
Erdgas	588.394	240	141.215	
Strom-Mix	18.455	560	10.335	
Strom-Mix	5.332	560	2.986	
949.382			235.463	67,6

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018



Projekt: St. Nikolaus Schule

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

(Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
Zone	m ²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Schule	3.484	-	18.454	-	374.289	653.954	1.046.697
Gebäude	3.484	-	18.454	-	374.289	653.954	1.046.697

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

(Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	0,0	5,3	0,0	100,0	121,9	227,2
Endenergiebedarf	0,0	5,3	0,0	108,6	187,8	301,7
Primärenergiebedarf	0,0	9,5	0,0	108,6	186,4	304,5

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

15.0 Nachweise

(Ref-No 5.15.0)

für ein neu errichtetes Gebäude

Referenzberechnung = "Schule-Referenz2020"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

(Ref-No 5.15.1)

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte"

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden nicht eingehalten

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

(Ref-No 5.15.2)

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18

zul $q_{P,REF} = 179,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, aus der Referenzberechnung

zul $q_{P,REF} = \text{zul } q_{P,REF} - 10\% = 161,6$ vereinfachtes Einzonenmodell GEG §32

zul $q_P = 161,6 - 45\% = 88,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024

vorh $q_P = 1.060.969 / 3484,4 = 304,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_P = 304,5 > 88,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, Grenzwert wird nicht eingehalten



Projekt: St. Nikolaus Schule

15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

(Ref-No 5.15.8)

Nachweis 65% Erneuerbare

Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71

Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude 1027410 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien

1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a
2. aus elektrischen Wärmepumpen	- 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	- kWh/a	0 %
----------------------------	---------	-----

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 0/1027410,2 \cdot 100 = 0\%$ (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

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

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

(Ref-No 5.17.0)

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

(Ref-No 5.17.1)

Nachweis für öffentlich genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = $1027410 + 0 + 0 = 1.027.410$ kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
0,0 %				

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Nachweis mit $HT'_{\text{Grenzwert}} = HT'_{\text{Referenzberechnung}}$, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,40	0,88	-120,4 %	15,0 %	0,0 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 0,0 % < Nutzungspflichtanteil = 100 %

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