



Projekt: St. Nikolaus Schule

BAUPHYSIKALISCHE NACHWEISE

Projekt	St. Nikolaus Schule
Gebäudeteil	Schule nach Sanierung
Ort	Kall
Straße	Weierbenden 9
Gemarkung	
Flurstück	
Baujahr	1952
Berechnungssoftware	DÄMMWERK 2026 vom 17.07.2026

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

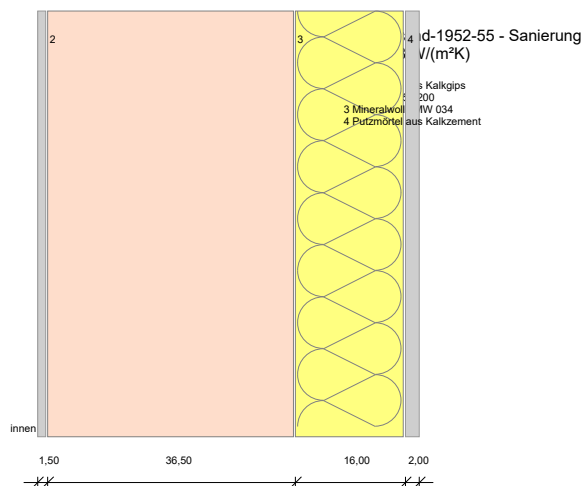
aufgestellt den

29.07.2026



Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: Außenwand-1952-55 - Sanierung

(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 Mz DIN 105 1200	36,50	1200	438,0	0,500	0,730



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 Mineralwolle MW 034	16,00	20	3,2	0,034	4,706
04 Putzmörtel aus Kalkzement	2,00	1800	36,0	1,000	0,020
R _{se}					0,040
	d =	56,00	G =	498,2	R _T = 5,65

Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,177 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden (Ref-No 1.8.2)

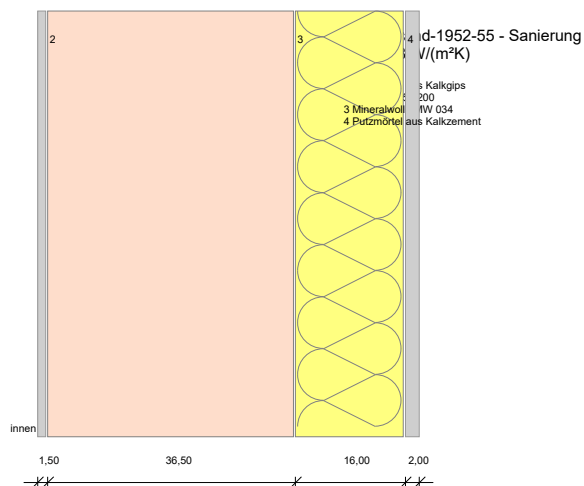
Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

U 0,18 ≤ 0,20 W/(m²K) OK



Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Projekt St. Nikolaus Schule
 Bauteil: Außenwand-1952-55 - Sanierung

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	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
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)

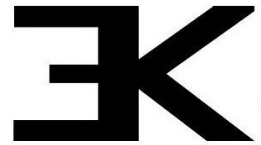
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Putzmörtel aus Kalkgips	18,9	2186	1169
2 Mz DIN 105 1200	18,8	2174	1116
3 Mineralwolle MW 034	15,7	1780	468
4 Putzmörtel aus Kalkzement	-4,7	411	411
	-4,8	408	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 5,77$ 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 Mineralwolle MW 034	1	1	0,16	0,16	0,16
4 Putzmörtel aus Kalkzement	15	35	0,30	0,70	<- 0,70
$\Sigma \mu \cdot s =$					2,83

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	0,53	2.186	18,92	5,48	
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	411	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	2,13	2,83
Taubene / Taubereich	M_c g/m²	M_{ev} g/m²	t_{ev} h
vor Putzmörtel aus Kalkzement	* 356	1.476	521

* 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}

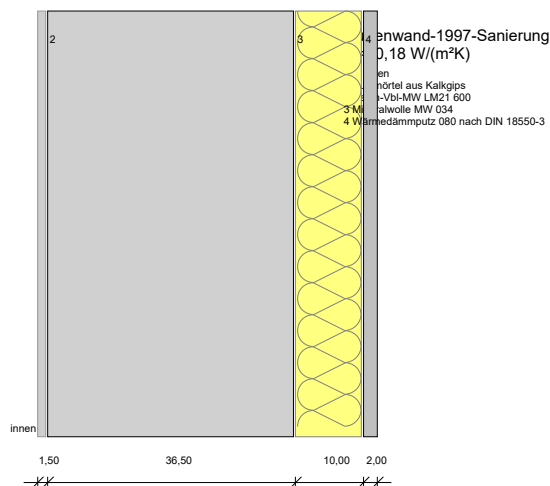
Trocknungsreserve
(Ref-No 2.4.3)

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "Putzmörtel aus Kalkzement", $M_{\text{ev}} - M_c = 1120 \text{ g/m}^2$

bei beidseitig geschlossenen Wandkonstruktionen $1120 \geq 100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$, **OK** nach DIN 68800-2:2022

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: Außenwand-1997-Sanierung

(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/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m² K/W
Rsi					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 Mineralwolle MW 034	10,00	20	2,0	0,034	2,941
04 Wärmedämmputz 080 nach DIN 18550	2,00	200	4,0	0,080	0,250
R _{se}					0,040

d =	50,00	G =	246,0	R _T =	5,53
-----	-------	-----	-------	------------------	------

Wärmedurchgangskoeffizient
(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,181 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

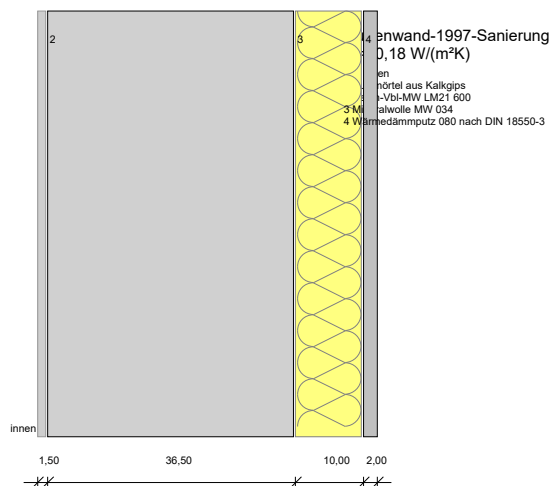
Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

U 0,18 ≤ 0,20 W/(m²K) OK

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Projekt St. Nikolaus Schule
Bauteil: Außenwand-1997-Sanierung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

(Ref-No 2.0)

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

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
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)

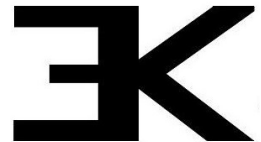
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Putzmörtel aus Kalkgips	18,9	2183	1169
2 Beton-Vbl-MW LM21 600	18,8	2170	1117
3 Mineralwolle MW 034	9,3	1173	483
4 Wärmedämmputz 080 nach DIN 1	-3,7	448	448
	-4,8	408	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 5,65$ 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 Beton-Vbl-MW LM21 600	5	10	1,82	3,65	1,82
3 Mineralwolle MW 034	1	1	0,10	0,10	0,10
4 Wärmedämmputz 080 nach DIN 18	5	20	0,10	0,40	0,40
$\Sigma \mu \cdot s =$					2,47

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018 (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	0,54	2.183	18,89	5,36	
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	448	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	2,07	2,47
Taubene / Taubereich	M_c g/m²	M_{ev} g/m²	t_{ev} h
vor Wärmedämmputz 080 nach DIN 18550-3	* 52	2.320	48

* 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}

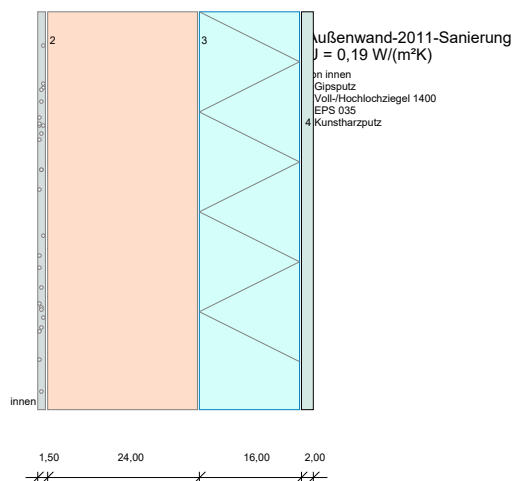
Trocknungsreserve
(Ref-No 2.4.3)

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "Wärmedämmputz 080 nach DIN 18550-3", $M_{\text{ev}} - M_c = 2268 \text{ g/m}^2$
bei beidseitig geschlossenen Wandkonstruktionen $2268 \geq 100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$, **OK** nach DIN 68800-2:2022



Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: Außenwand-2011-Sanierung

(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 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	16,00	20	3,2	0,035	4,571
04 Kunstharzputz	2,00	1100	22,0	0,700	0,029
R _{se}					0,040
	d = 43,50	G = 379,2	R _T = 5,23		

.....

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,191 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

.....

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
 (Ref-No 1.8.2)

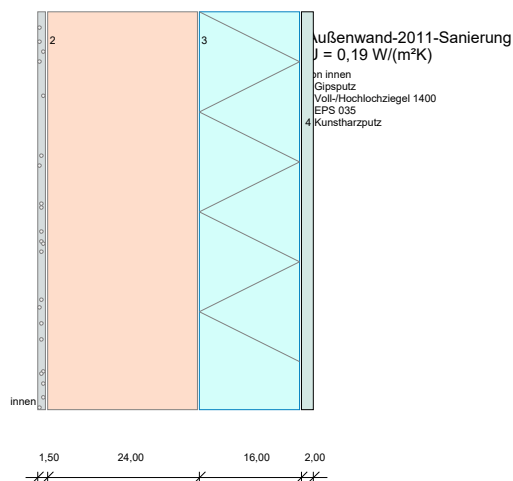
Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

U 0,19 ≤ 0,20 W/(m²K) OK



Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Projekt St. Nikolaus Schule
Bauteil: Außenwand-2011-Sanierung

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)

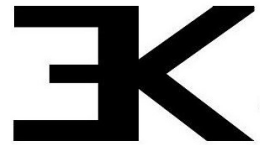
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipsputz	18,8	2175	1169
2 Voll-/Hochlochziegel 1400	18,6	2148	1144
3 EPS 035	16,7	1901	945
4 Kunstharzputz	-4,7	413	413
	-4,8	408	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 5,35$ 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	3,20	16,00	-> 3,20
4 Kunstharzputz	50	200	1,00	4,00	<- 4,00
$\Sigma \mu \cdot s =$					8,55

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	0,54	2.175	18,83	5,06	
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	413	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	4,55	8,55
Taubene / Taubereich	M_c g/m²	M_{ev} g/m²	t_{ev} h
vor Kunstharzputz	* 223	365	1.319

* 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}

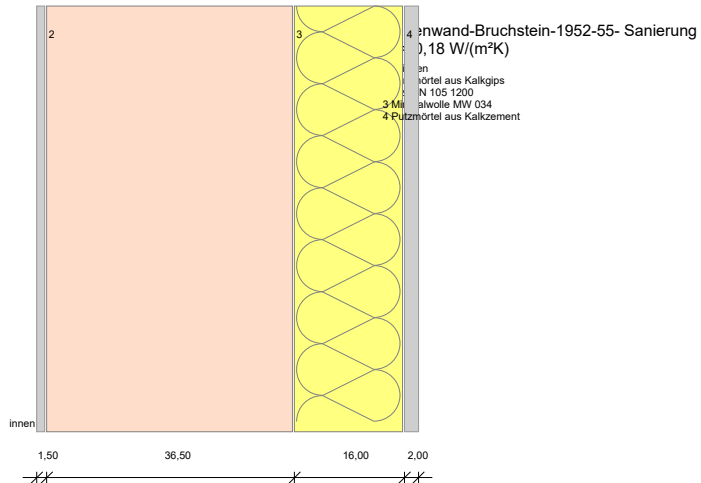
Trocknungsreserve
(Ref-No 2.4.3)

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "Kunstharzputz", $M_{\text{ev}} - M_c = 142 \text{ g/m}^2$

bei beidseitig geschlossenen Wandkonstruktionen $142 \geq 100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$, **OK** nach DIN 68800-2:2022

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: Außenwand-Bruchstein-1952-55- Sanierung (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 Mineralwolle MW 034	16,00	20	3,2	0,034	4,706
04 Putzmörtel aus Kalkzement	2,00	1800	36,0	1,000	0,020
R _{se}					0,040

$$d = 56,00 \quad G = 498,2 \quad R_T = 5,65$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,177 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

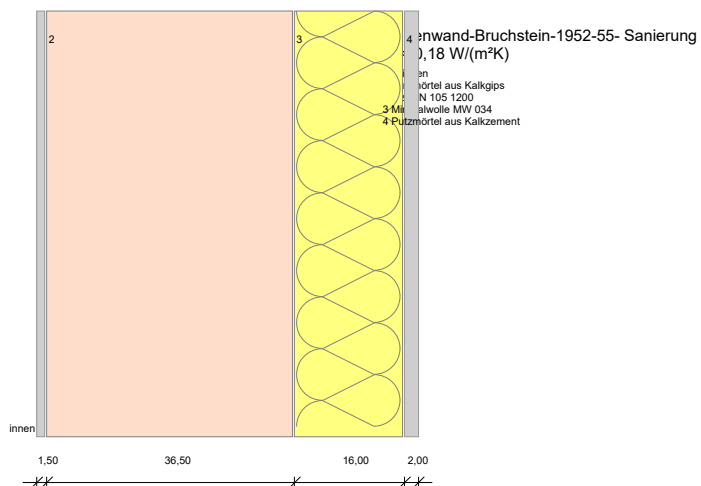
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

$$U \quad 0,18 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Projekt St. Nikolaus Schule
Bauteil: Außenwand-Bruchstein-1952-55- Sanierung

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	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
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 Putzmörtel aus Kalkgips	18,9	2186	1169
2 Mz DIN 105 1200	18,8	2174	1116
3 Mineralwolle MW 034	15,7	1780	468
4 Putzmörtel aus Kalkzement	-4,7	411	411
	-4,8	408	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 5,77$ 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 Mineralwolle MW 034	1	1	0,16	0,16	0,16
4 Putzmörtel aus Kalkzement	15	35	0,30	0,70	0,70
$\Sigma \mu \cdot s =$					2,83

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	0,53	2.186	18,92	5,48	
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 $f_{\text{Rsi}} = (\theta_{\text{si}} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = 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	2,13	2,83
Taubene / Taubereich	M_c g/m²	M_{ev} g/m²	t_{ev} h
vor Putzmörtel aus Kalkzement	* 356	1.476	521

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

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

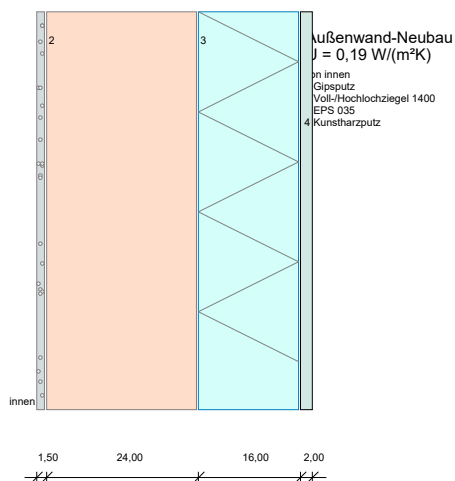
Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{\text{ev}} \geq M_c$

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



Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: Außenwand-Neubau

(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 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	16,00	20	3,2	0,035	4,571
04 Kunstharzputz	2,00	1100	22,0	0,700	0,029
R _{se}					0,040
	d = 43,50	G = 379,2	R _T = 5,23		

.....

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,191 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

.....

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
 (Ref-No 1.8.2)

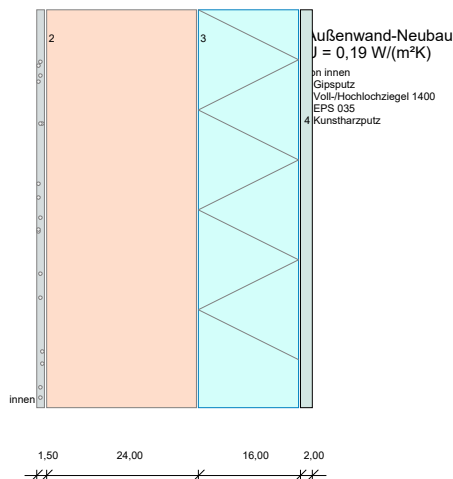
Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

U 0,19 ≤ 0,20 W/(m²K) **OK**



Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Projekt St. Nikolaus Schule
 Bauteil: Außenwand-Neubau

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	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
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)

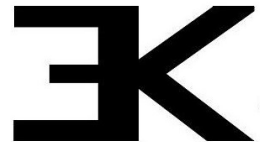
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipsputz	18,8	2175	1169
2 Voll-/Hochlochziegel 1400	18,6	2148	1144
3 EPS 035	16,7	1901	945
4 Kunstharzputz	-4,7	413	413
	-4,8	408	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 5,35$ 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	3,20	16,00	-> 3,20
4 Kunstharzputz	50	200	1,00	4,00	<- 4,00
$\Sigma \mu \cdot s =$					8,55

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	0,54	2.175	18,83	5,06	
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	413	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	4,55	8,55
Taubene / Taubereich	M_c g/m²	M_{ev} g/m²	t_{ev} h
vor Kunstharzputz	* 223	365	1.319

* 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)

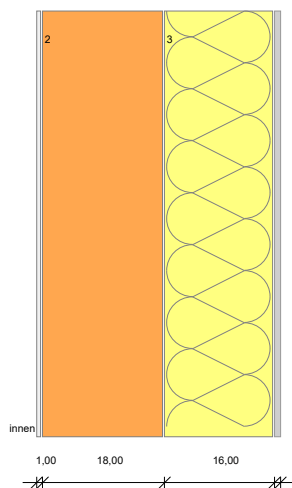
Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "Kunstharzputz", $M_{\text{ev}} - M_c = 142 \text{ g/m}^2$

bei beidseitig geschlossenen Wandkonstruktionen $142 \geq 100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$, **OK** nach DIN 68800-2:2022



Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



AußenwandBSPH-Neubau
 $U = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
von innen
1 Gipsputz
2 Brettsperrholz
3 Mineralwolle MW 035, I
4 Unger - Diffutherm-Putz Silikat

Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: AußenwandBSPH-Neubau
(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 Gipsputz	1,00	1200	12,0	0,350	0,029
02 Brettsperrholz	18,00	600	108,0	0,130	1,385



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 Mineralwolle MW 035, I	16,00	30	4,8	0,042	3,810
04 Unger -Diffutherm-Putz Silikat	0,90	1800	16,2	0,550	0,016
R _{se}					0,040
	d = 35,90	G = 141,0	R _T = 5,41		

.....

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,185 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,000 Korrektur für Luftspalte, mehrlagige Dämmschicht

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,185 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

.....

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

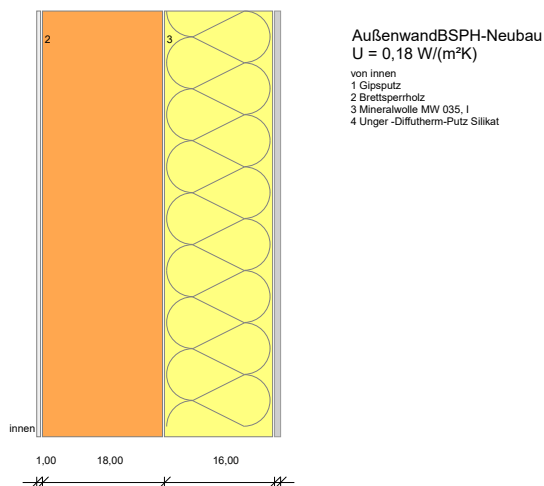
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

$U \quad 0,18 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Projekt St. Nikolaus Schule
Bauteil: AußenwandBSPH-Neubau

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	18,9	2180	1169
2 Brettsperrholz	18,7	2162	1159
3 Mineralwolle MW 035, I	12,5	1449	423
4 Unger -Diffutherm-Putz Silik	-4,7	411	406
	-4,8	408	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 5,53$ 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 Gipsputz	10	10	0,10	0,10	0,10
2 Brettsperrholz	40	40	7,20	7,20	7,20
3 Mineralwolle MW 035, I	1	1	0,16	0,16	0,16
4 Unger -Diffutherm-Putz Silika	92	92	0,83	0,83	0,83
$\Sigma \mu \cdot s =$					8,29

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	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,54	2.180	18,87	5,24	



Projekt: St. Nikolaus Schule

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 $R_{si} = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)

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 = 0,068 g/m²h

Überprüfung der Verdunstungsmengen

(Ref-No 2.8)

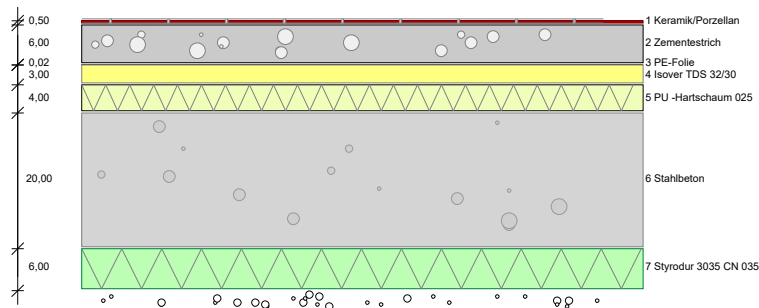
Beachten Sie das Diffusionsdiagramm, p_d / p_s für den Sommer

Verdunstung	$s_{d,i}$	nach innen	$s_{d,e}$	nach außen	gesamt
nach DIN 4108	4,6 m	0 g/m ²	3,7 m	0 g/m ²	0 g/m ²
manuell korrigiert	1,1 m	0 g/m ²	1,1 m	0 g/m ²	0 g/m ²

Manuelle Korrektur für besondere Materialeigenschaften (semipermeable Dampfbremsen).

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: Bodenplatte-Neubau

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

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

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 Keramik/Porzellan	0,50	2300	11,5	1,300	0,004
02 Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,043



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
04 Isover TDS 32/30	3,00	-	-	0,035	0,857
05 PU -Hartschaum 025	4,00	30	1,2	0,025	1,600
06 Stahlbeton	20,00	2400	480,0	2,100	0,095
07 Styrodur 3035 CN 035	6,00	33	2,0	0,035	1,714
R _{se}					0,000

$$d = 39,52 \quad G = 614,9 \quad R_T = 4,48$$

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,223 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

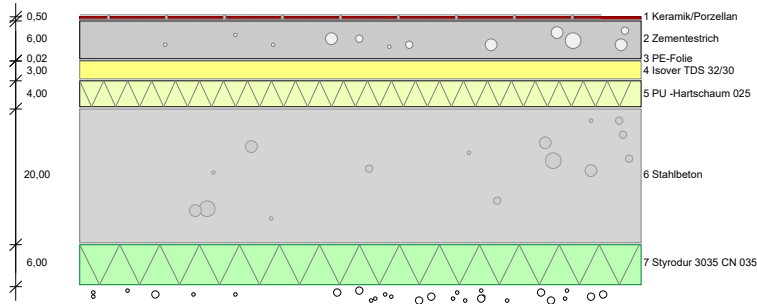
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Bodenflächen gegen Erdreich

$$U \quad 0,22 \leq 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Projekt St. Nikolaus Schule
Bauteil: Bodenplatte-Neubau

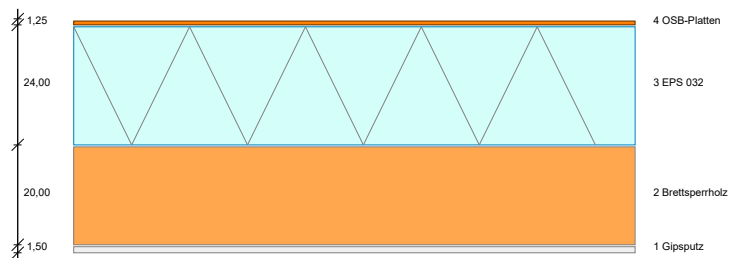
Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls (Ref-No 2.0)

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Bodenplatten mit Perimeterdämmung und Abdichtung nach DIN 18195, $R_{\text{innen}} \leq 20\%$ von R_{ges}

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: BSPHDachdecke-Alternative zu Steildach

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen" (2)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10$ m²K/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 Brettsperrholz	20,00	600	120,0	0,130	1,538



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 EPS 032	24,00	20	4,8	0,032	7,500
04 OSB-Platten	1,25	650	8,1	0,130	0,096
R _{se}					0,100
	d = 46,75	G = 150,9		R _T = 9,36	

.....

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,107 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

.....

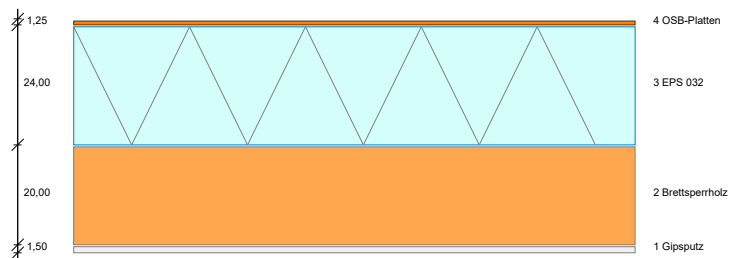
Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden
 (Ref-No 1.8.2)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von obersten Geschoßdecken

U 0,11 ≤ 0,14 W/(m²K) OK

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Projekt St. Nikolaus Schule
Bauteil: BSPHDachdecke-Alternative zu Steildach

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	19,3	2244	1169
2 Brettsperrholz	19,3	2234	1160
3 EPS 032	15,2	1728	660
4 OSB-Platten	-4,6	414	361
	-4,9	406	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 9,45$ 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 Brettsperrholz	40	40	8,00	8,00	8,00
3 EPS 032	20	100	4,80	24,00	-> 4,80
4 OSB-Platten	30	50	0,38	0,63	<- 0,63
$\Sigma \mu \cdot s =$					13,57

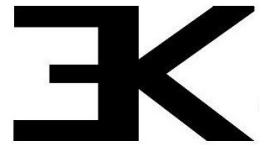
Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2024 (Ref-No 2.4)

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	0,52	2.244	19,34	9,16	
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



Projekt: St. Nikolaus Schule

$p_{\text{sat}} = p_i / \phi_{\text{si,cr}}$ = 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 $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

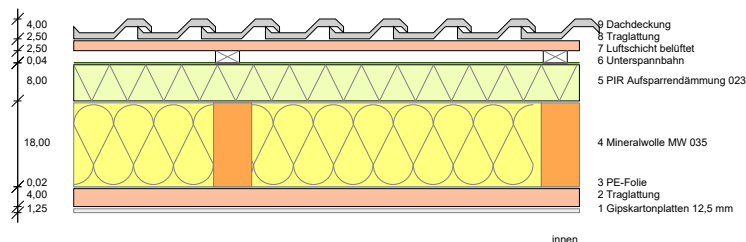
mit $f_{\text{Rsi}} = (\theta_{\text{si}} - \theta_{\text{e}}) / (\theta_{\text{i}} - \theta_{\text{e}})$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

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

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.
Diffusionsstromdichte = 0,042 g/m²h

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Dach-Neubau
 $U = 0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: Dach-Neubau

(Ref-No 1.0)

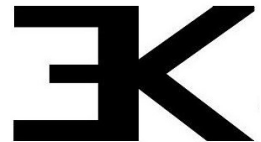
Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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	4,00	-	2,0	-	-



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
04 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
05 PIR Aufsparrendämmung 023	8,00	30	2,4	0,023	3,478
06 Unterspannbahn	0,04	-	-	-	-
07 Luftschicht belüftet	2,50	1	0,0	-	-
08 Traglattung	2,50	-	2,0	-	-
09 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-
R _{Se}					0,040

d = 40,31 G = 61,5 R_T = 8,82

$$U_{\text{Gefach}} = 0,113 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
8,0 cm	68,0 cm	11,8 %	73,7 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 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,25	900	11,3	0,210	0,060
02 Traglattung	4,00	-	2,0	-	-
03 PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
04 Nadelholz	18,00	600	108,0	0,130	1,385
05 PIR Aufsparrendämmung 023	8,00	30	2,4	0,023	3,478
06 Unterspannbahn	0,04	-	-	-	-
07 Grundlattung	2,50	-	-	-	-
08 Traglattung	2,50	-	2,0	-	-
09 Dachdeckung	4,00	-	40,0	-	-
R _{Se}					0,040

40,31 165,9 R_T = 5,06

$$U_{(R)} = 0,198 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (88,24\% \cdot 1/8,821 + 11,76\% \cdot 1/5,062) = 8,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,882/0,060 + 0,118/0,060) + 1/(0,882/5,143 + 0,118/1,385) + 1/(0,882/3,478 + 0,118/3,478) + 0,04 = 7,57 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 7,84 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler = } R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 3 \%)$$

$$U = 1 / R_T = 0,128 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,128 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

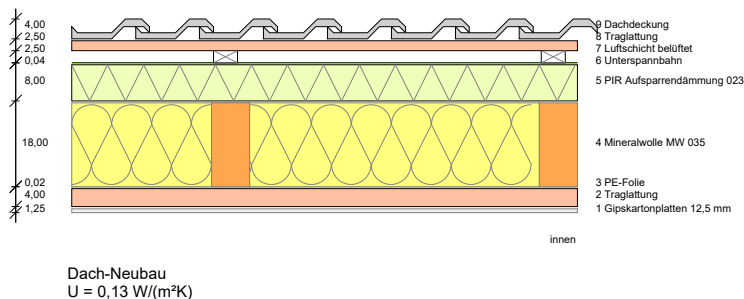
Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden (Ref-No 1.8.2)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Wärmedämmung von Schrägdächer und Kehlbalkenlagen

$$U \quad 0,13 \leq 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Projekt St. Nikolaus Schule
Bauteil: Dach-Neubau

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	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
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	19,3	2239	1169
2 Traglattung	19,1	2216	1167
3 PE-Folie	19,1	2216	1166
4 Mineralwolle MW 035	19,1	2216	701
5 PIR Aufsparrendämmung 023	4,8	861	697
6 Unterspannbahn	-4,9	406	326
7 Luftschicht belüftet	-4,9	406	322
8 Traglattung	-4,9	406	322
9 Dachdeckung	-4,9	406	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 8,97$ 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	0,04	0,04	0,04
3 PE-Folie	100000	100000	20,00	20,00	20,00
4 Mineralwolle MW 035	1	1	0,18	0,18	0,18
5 PIR Aufsparrendämmung 023	40	200	3,20	16,00	<- 16,00
6 Unterspannbahn	-	-	0,16	0,16	0,16
7 Luftschicht belüftet	1	1	0,03	0,03	0,03
8 Traglattung	-	-	-	-	-
9 Dachdeckung	-	-	-	-	-
$\Sigma \mu \cdot s =$					36,51

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	0,52	2.239	19,30	8,68	
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 $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ W/(m²K)}$)

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

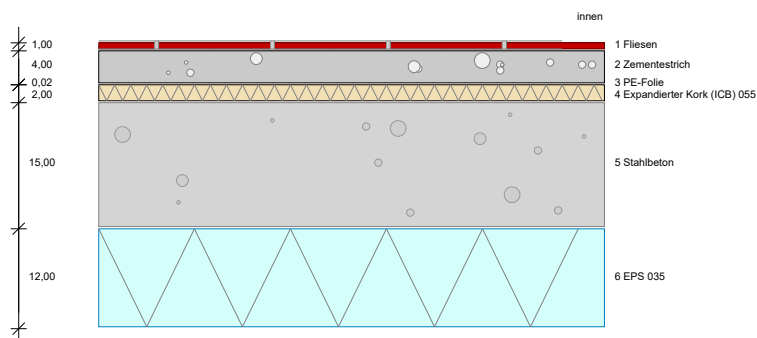
Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)
(Ref-No 2.4.2)

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.
Diffusionsstromdichte = 0,015 g/m²h

Trocknungsreserve bezogen auf die Schichtgrenze "vor 6 Unterspannbahn", $m_{\text{W, v}} = 6.653 \text{ g/m²}$

Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Kellerdecke - Sanierung

Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: Kellerdecke - Sanierung

(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
06 EPS 035	12,00	20	2,4	0,035	3,429
R_{se}					0,170
	$d = 34,02$	$G = 464,8$	$R_T = 4,24$		

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,236 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.2)

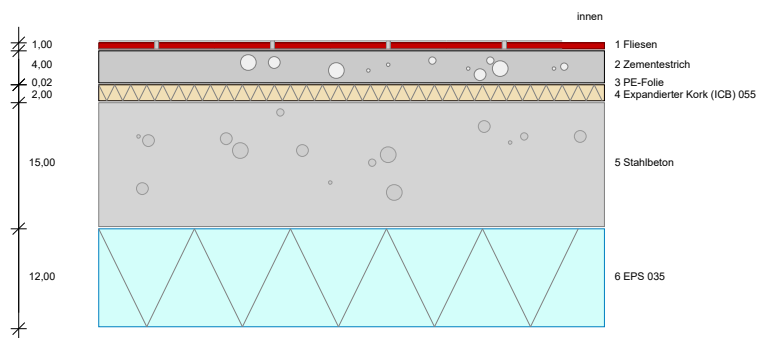
Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

$U \quad 0,24 \leq 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$



Projekt: St. Nikolaus Schule

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung



Kellerdecke - Sanierung
Projekt St. Nikolaus Schule
Bauteil: Kellerdecke - Sanierung

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	18,5	2131	1169
2 Zementestrich	18,4	2123	1159
3 PE-Folie	18,3	2101	1148
4 Expandierter Kork (ICB) 055	18,3	2101	760
5 Stahlbeton	16,1	1832	758
6 EPS 035	15,7	1783	554
	-4,8	410	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 4,19$ 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	->	10,50
6 EPS 035	20	100	2,40	12,00	<-	12,00
				$\Sigma \mu \cdot s =$		43,70

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	0,55	2.131	18,51	3,90	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja



Projekt: St. Nikolaus Schule

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 $R_{si} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

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)

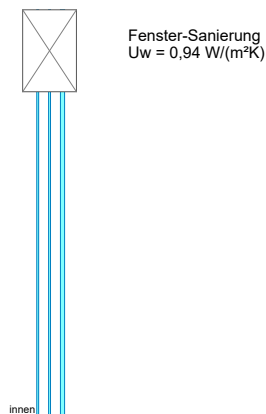
Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = 0,013 g/m²h



Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteilquerschnitt



Projekt St. Nikolaus Schule

Bauteil: Fenster-Sanierung

(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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 Glas	0,40	2500	10,0	0,800	0,005
02 Scheibenzwischenraum	1,20	-	-	-	0,170



Projekt: St. Nikolaus Schule

03 Glas	0,40	2500	10,0	0,800	0,005
04 Scheibenzwischenraum	1,20	-	-	-	0,170
05 Glas	0,40	2500	10,0	0,800	0,005
R_{Se}					0,040

$$d = 3,60 \quad G = 30,0 \quad R_T = 0,53$$

Fenster

(Ref-No 1.5.1)

Isolierverglasung 4-8-4-8-4, Kryptonfüllung, beschichtet, $\varepsilon \leq 0.05$, U_g 0.7
Holzrahmen thermisch verbessert

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

(Ref-No 1.5.5)

Einfachfenster, Tabellenwert $U_W = 0,94$ (0,9) W/(m²K)

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 30%
Rahmenanteil, Tab. H.3
mit $U_g = 0,70$ und $U_f = 1,00$ W/(m²K)

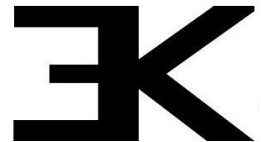
$U_W = 0,94$ W/(m²K) wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: U_{max}-Wert bei Erneuerung von Fenstern

$$U \quad 0,94 \leq 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$



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 Einzonenmodell 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
<1> Schule	208 Klassenzimmer	200	19,6	17,7	7269	19150
					7.269	19.150

Gebäude, $A_{NGF} = 7269,1 \text{ m}^2$ (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 N-W	1:0	25,7	0,177	1,00 FAW	53	4,6
2 F 0103 FAW N-W	1:0	25,9	0,177	1,00 FAW	53	4,6
3 F 0104 FAW N-O	1:0	7,8	0,177	1,00 FAW	53	1,4
4 F 0105 FAW N-W	1:0	15,5	0,177	1,00 FAW	53	2,7
5 F 0106 FAW S-W	1:0	7,8	0,177	1,00 FAW	53	1,4
6 F 0109 FAW S-O	1:0	79,6	0,177	1,00 FAW	53	14,1
7 A 0101 FF N-W	1:0	7,6	0,940	1,00 FF	53 02	7,1
8 A 0103 FF N-W	1:0	7,6	0,940	1,00 FF	53 02	7,1
9 A 0105 FF N-W	1:0	10,4	0,940	1,00 FF	53 02	9,8
10 A 0109 FF S-O	1:0	68,2	0,940	1,00 FF	53 02	64,1
11 F 0100 Fg <zum Kelle	1:0	512,4	0,236	0,75 FG	53 19 25 21	90,7
Bauteil 2, EG						
12 F 0201 FAW N-W	1:0	35,3	0,177	1,00 FAW	53	6,3
13 F 0202 FAW N-O	1:0	4,4	0,177	1,00 FAW	53	0,8
14 F 0203 FAW N-W	1:0	16,7	0,177	1,00 FAW	53	3,0
15 F 0204 FAW S-W	1:0	4,4	0,177	1,00 FAW	53	0,8
16 F 0208 FAW S-W	1:0	3,3	0,177	1,00 FAW	53	0,6
17 F 0209 FAW S-O	1:0	29,0	0,177	1,00 FAW	53	5,1
18 F 0210 FAW N-O	1:0	49,6	0,177	1,00 FAW	53	8,8
19 F 0211 FAW S-O	1:0	37,5	0,191	1,00 FAW	53	7,2
20 F 0212 FAW N-O	1:0	41,6	0,177	1,00 FAW	53	7,4
21 A 0201 FF N-W	1:0	12,8	0,940	1,00 FF	53 02	12,0
22 A 0203 FF N-W	1:0	12,5	0,940	1,00 FF	53 02	11,8
23 A 0209 FF S-O	1:0	10,8	0,940	1,00 FF	53 02	10,2
24 A 0210 FF N-O	1:0	27,7	0,940	1,00 FF	53 02	26,0
25 F 0200 Fg <zum Kelle	1:0	469,3	0,236	0,75 FG	53 19 26 21	83,1
Bauteil 3, EG						
26 F 0302 FAW S-O	1:0	39,6	0,177	1,00 FAW	53	7,0
27 F 0303 FAW Süd	1:0	64,9	0,177	1,00 FAW	53	11,5
28 F 0304 FAW N-O	1:0	21,8	0,177	1,00 FAW	53	3,9
29 F 0305 FAW Nord	1:0	23,8	0,177	1,00 FAW	53	4,2
30 A 0302 FF S-O	1:0	9,6	0,940	1,00 FF	53 02	9,0
31 A 0303 FF Süd	1:0	38,3	0,940	1,00 FF	53 02	36,0
32 A 0304 FF N-O	1:0	16,5	0,940	1,00 FF	53 02	15,5
33 A 0305 FF Nord	1:0	3,3	0,940	1,00 FF	53 02	3,1
34 F 0300 FG <zum Kelle	1:0	397,0	0,236	0,30 FG	53 19 27 21	28,1
Bauteil 4,Anbau 1, EG						
35 F 0402 FAW S-W	1:0	28,6	0,191	1,00 FAW	53	5,5
36 F 0403 FAW S-W	1:0	25,6	0,181	1,00 FAW	53	4,6
37 F 0404 FAW S-O	1:0	25,2	0,181	1,00 FAW	53	4,6
38 A 0402 FF S-W	1:0	9,1	0,940	1,00 FF	53 02	8,6



Projekt: St. Nikolaus Schule

39 A 0403 FF S-W	1:0	12,1	0,940	1,00 FF	53 02	11,4
40 F 0400 Fg <zum Kelle	1:0	138,7	0,236	0,75 FG	53 19 28 21	24,6
Bauteil 4, Anbau 2, EG						
41 F 0501 FAW N-W	1:0	33,3	0,181	1,00 FAW	53	6,0
42 F 0502 FAW S-W	1:0	69,0	0,181	1,00 FAW	53	12,5
43 F 0506 FAW N-O	1:0	19,1	0,181	1,00 FAW	53	3,4
44 A 0502 FF S-W	1:0	9,1	0,940	1,00 FF	53 02	8,6
45 A 0506 FF N-O	1:0	6,8	0,940	1,00 FF	53 02	6,4
46 F 0500 FG	1:0	238,9	0,236	0,65 Ffb	53 19 29 14	36,6
Bauteil 4, Anbau 3, EG						
47 F 0603 FAW N-O	1:0	13,3	0,191	1,00 FAW	53	2,5
48 F 0604 FAW Nord	1:0	12,4	0,191	1,00 FAW	53	2,4
49 F 0605 FAW Nord	1:0	27,9	0,181	1,00 FAW	53	5,0
50 A 0604 FF Nord	1:0	6,1	0,940	1,00 FF	53 02	5,7
51 A 0605 FF Nord	1:0	9,1	0,940	1,00 FF	53 02	8,6
52 F 0600 FG	1:0	54,0	0,236	0,65 Ffb	53 19 29 14	8,3
Bauteil 4, Anbau 4, EG						
53 F 0708 FAW Nord	1:0	8,3	0,191	1,00 FAW	53	1,6
54 F 0709 FAW S-O	1:0	3,0	0,191	1,00 FAW	53	0,6
55 F 0710 FAW N-O	1:0	14,2	0,191	1,00 FAW	53	2,7
56 A 0708 FF Nord	1:0	0,8	0,940	1,00 FF	53 02	0,7
57 F 0700 FG	1:0	47,6	0,236	0,65 Ffb	53 19 29 14	7,3
Bauteil 4, Anbau 5, EG						
58 F 0801 FAW N-W	1:0	20,8	0,181	1,00 FAW	53	3,8
59 F 0802 FAW N-W	1:0	24,2	0,191	1,00 FAW	53	4,6
60 F 0803 FAW S-W	1:0	10,4	0,191	1,00 FAW	53	2,0
61 F 0807 FAW N-O	1:0	10,4	0,191	1,00 FAW	53	2,0
62 F 0808 FAW N-W	1:0	24,2	0,191	1,00 FAW	53	4,6
63 A 0801 FF N-W	1:0	5,5	0,940	1,00 FF	53 02	5,2
64 A 0802 FF N-W	1:0	3,2	0,940	1,00 FF	53 02	3,0
65 A 0808 FF N-W	1:0	3,2	0,940	1,00 FF	53 02	3,0
66 F 0800 FG	1:0	61,3	0,236	0,65 Ffb	53 19 29 14	9,4
Bauteil 1, OG						
67 F 1001 FAW N-W	1:0	26,1	0,177	1,00 FAW	53	4,6
68 F 1005 FAW N-W	1:0	27,0	0,177	1,00 FAW	53	4,8
69 F 1006 FAW N-O	1:0	7,8	0,177	1,00 FAW	53	1,4
70 F 1007 FAW N-W	1:0	16,5	0,177	1,00 FAW	53	2,9
71 F 1008 FAW S-W	1:0	7,8	0,177	1,00 FAW	53	1,4
72 F 1011 FAW S-O	1:0	87,2	0,177	1,00 FAW	53	15,4
73 A 1001 FF N-W	1:0	7,6	0,940	1,00 FF	53 02	7,1
74 A 1005 FF N-W	1:0	7,6	0,940	1,00 FF	53 02	7,1
75 A 1007 FF N-W	1:0	9,4	0,940	1,00 FF	53 02	8,9
76 A 1011 FF S-O	1:0	60,6	0,940	1,00 FF	53 02	57,0
Bauteil 2, OG						
77 F 1101 FAW N-W	1:0	32,1	0,177	1,00 FAW	53	5,7
78 F 1102 FAW N-O	1:0	4,4	0,177	1,00 FAW	53	0,8
79 F 1103 FAW N-W	1:0	16,7	0,177	1,00 FAW	53	3,0
80 F 1104 FAW S-W	1:0	4,4	0,177	1,00 FAW	53	0,8
81 F 1108 FAW S-W	1:0	3,3	0,177	1,00 FAW	53	0,6
82 F 1109 FAW S-O	1:0	34,1	0,177	1,00 FAW	53	6,0
83 F 1110 FAW N-O	1:0	44,3	0,177	1,00 FAW	53	7,8



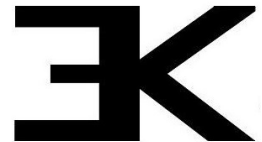
Projekt: St. Nikolaus Schule

84	F	1111	FAW S-O	1:0	15,8	0,177	1,00	FAW	53	2,8
85	F	1112	FAW N-O	1:0	39,6	0,177	1,00	FAW	53	7,0
86	A	1101	FF N-W	1:0	15,9	0,940	1,00	FF	53 02	15,0
87	A	1103	FF N-W	1:0	12,5	0,940	1,00	FF	53 02	11,8
88	A	1109	FF S-O	1:0	5,7	0,940	1,00	FF	53 02	5,4
89	A	1110	FF N-O	1:0	35,1	0,940	1,00	FF	53 02	33,0
90	A	1111	FF S-O	1:0	21,8	0,940	1,00	FF	53 02	20,4
Bauteil 3, OG										
91	F	1202	FAW Süd	1:0	39,6	0,177	1,00	FAW	53	7,0
92	F	1203	FAW S-O	1:0	64,9	0,177	1,00	FAW	53	11,5
93	F	1204	FAW N-O	1:0	21,9	0,177	1,00	FAW	53	3,9
94	F	1205	FAW Nord	1:0	24,0	0,177	1,00	FAW	53	4,2
95	A	1202	FF Süd	1:0	9,6	0,940	1,00	FF	53 02	9,0
96	A	1203	FF S-O	1:0	38,3	0,940	1,00	FF	53 02	36,0
97	A	1204	FF N-O	1:0	16,5	0,940	1,00	FF	53 02	15,5
98	A	1205	FF Nord	1:0	3,3	0,940	1,00	FF	53 02	3,1
Bauteil 4,Anbau 1, OG										
99	F	1302	FAW S-W	1:0	34,3	0,191	1,00	FAW	53	6,6
100	F	1303	FAW S-W	1:0	29,4	0,181	1,00	FAW	53	5,3
101	F	1304	FAW S-O	1:0	25,2	0,181	1,00	FAW	53	4,6
102	A	1302	FF S-W	1:0	3,4	0,940	1,00	FF	53 02	3,2
103	A	1303	FF S-W	1:0	8,4	0,940	1,00	FF	53 02	7,9
104	A	1304	FF S-O	1:0	-	0,940	1,00	FF	53 02	
Bauteil 4, Anbau 2, OG										
105	F	1401	FAW N-W	1:0	28,7	0,181	1,00	FAW	53	5,2
106	F	1402	FAW S-W	1:0	68,8	0,181	1,00	FAW	53	12,4
107	F	1405	FAW N-O	1:0	24,3	0,191	1,00	FAW	53	4,6
108	A	1401	FF N-W	1:0	4,6	0,940	1,00	FF	53 02	4,3
109	A	1402	FF S-W	1:0	9,1	0,940	1,00	FF	53 02	8,6
110	A	1405	FF N-O	1:0	9,0	0,940	1,00	FF	53 02	8,5
Bauteil 4, Anbau 3, OG										
111	F	1504	FAW N-O	1:0	13,3	0,191	1,00	FAW	53	2,5
112	F	1505	FAW Nord	1:0	12,4	0,191	1,00	FAW	53	2,4
113	F	1507	FAW Nord	1:0	27,9	0,181	1,00	FAW	53	5,0
114	A	1505	FF Nord	1:0	6,1	0,940	1,00	FF	53 02	5,7
115	A	1507	FF Nord	1:0	9,1	0,940	1,00	FF	53 02	8,6
Bauteil 4, Anbau 4, OG										
116	F	1608	FAW Nord	1:0	8,3	0,191	1,00	FAW	53	1,6
117	F	1609	FAW S-O	1:0	3,0	0,191	1,00	FAW	53	0,6
118	F	1610	FAW N-O	1:0	14,2	0,191	1,00	FAW	53	2,7
119	A	1608	FF Nord	1:0	0,8	0,940	1,00	FF	53 02	0,7
Bauteil 4, Anbau 5, OG										
120	F	1701	FAW N-W	1:0	23,7	0,181	1,00	FAW	53	4,3
121	F	1703	FAW N-W	1:0	20,8	0,191	1,00	FAW	53	4,0
122	F	1705	FAW N-W	1:0	23,0	0,181	1,00	FAW	53	4,2
123	F	1706	FAW S-W	1:0	9,3	0,181	1,00	FAW	53	1,7
124	F	1710	FAW N-O	1:0	9,3	0,181	1,00	FAW	53	1,7
125	A	1701	FF N-W	1:0	3,3	0,940	1,00	FF	53 02	3,1
126	A	1702	FF Süd	1:0	1,0	0,940	1,00	FF	53 02	0,9
127	A	1703	FF N-W	1:0	5,5	0,940	1,00	FF	53 02	5,2
128	A	1704	FF Nord	1:0	1,0	0,940	1,00	FF	53 02	0,9



Projekt: St. Nikolaus Schule

129 A 1705 FF N-W	1:0	3,3	0,940	1,00	FF	53 02	3,1
130 A 1706 FF S-W	1:0	1,0	0,940	1,00	FF	53 02	1,0
131 A 1710 FF N-O	1:0	1,0	0,940	1,00	FF	53 02	0,9
Bauteil 1, 2.OG							
132 F 1901 FAW N-W	1:0	26,1	0,185	1,00	FAW	53	4,8
133 F 1902 FAW West	1:0	19,4	0,185	1,00	FAW	53	3,6
134 F 1903 FAW West	1:0	18,7	0,185	1,00	FAW	53	3,5
135 F 1904 FAW West	1:0	18,7	0,185	1,00	FAW	53	3,5
136 F 1905 FAW N-W	1:0	27,0	0,185	1,00	FAW	53	5,0
137 F 1906 FAW N-O	1:0	7,8	0,177	1,00	FAW	53	1,4
138 F 1907 FAW N-W	1:0	16,5	0,177	1,00	FAW	53	2,9
139 F 1908 FAW S-W	1:0	7,8	0,177	1,00	FAW	53	1,4
140 F 1911 FAW S-O	1:0	87,2	0,185	1,00	FAW	53	16,1
141 A 1901 FF N-W	1:0	7,6	0,940	1,00	FF	53 02	7,1
142 A 1902 FF West	1:0	7,6	0,940	1,00	FF	53 02	7,1
143 A 1903 FF West	1:0	7,6	0,940	1,00	FF	53 02	7,1
144 A 1904 FF West	1:0	7,6	0,940	1,00	FF	53 02	7,1
145 A 1905 FF N-W	1:0	7,6	0,940	1,00	FF	53 02	7,1
146 A 1907 FF N-W	1:0	9,4	0,940	1,00	FF	53 02	8,9
147 A 1911 FF S-O	1:0	60,6	0,940	1,00	FF	53 02	57,0
Bauteil 2, 2.OG							
148 F 2001 FAW N-W	1:0	32,1	0,177	1,00	FAW	53	5,7
149 F 2002 FAW N-O	1:0	4,4	0,177	1,00	FAW	53	0,8
150 F 2003 FAW N-W	1:0	16,7	0,177	1,00	FAW	53	3,0
151 F 2004 FAW S-W	1:0	4,4	0,177	1,00	FAW	53	0,8
152 F 2008 FAW S-W	1:0	3,3	0,177	1,00	FAW	53	0,6
153 F 2009 FAW S-O	1:0	34,1	0,177	1,00	FAW	53	6,0
154 F 2010 FAW N-O	1:0	44,3	0,177	1,00	FAW	53	7,8
155 F 2011 FAW S-O	1:0	15,8	0,177	1,00	FAW	53	2,8
156 F 2012 FAW N-O	1:0	39,6	0,177	1,00	FAW	53	7,0
157 A 2001 FF N-W	1:0	15,9	0,940	1,00	FF	53 02	15,0
158 A 2003 FF N-W	1:0	12,5	0,940	1,00	FF	53 02	11,8
159 A 2009 FF S-O	1:0	5,7	0,940	1,00	FF	53 02	5,4
160 A 2010 FF N-O	1:0	35,1	0,940	1,00	FF	53 02	33,0
161 A 2011 FF S-O	1:0	21,8	0,940	1,00	FF	53 02	20,4
Bauteil 3, 2.OG							
162 F 2102 FAW Süd	1:0	39,6	0,177	1,00	FAW	53	7,0
163 F 2103 FAW S-O	1:0	64,9	0,177	1,00	FAW	53	11,5
164 F 2104 FAW N-O	1:0	21,9	0,177	1,00	FAW	53	3,9
165 F 2105 FAW Nord	1:0	24,0	0,177	1,00	FAW	53	4,2
166 A 2102 FF Süd	1:0	9,6	0,940	1,00	FF	53 02	9,0
167 A 2103 FF S-O	1:0	38,3	0,940	1,00	FF	53 02	36,0
168 A 2104 FF N-O	1:0	16,5	0,940	1,00	FF	53 02	15,5
169 A 2105 FF Nord	1:0	3,3	0,940	1,00	FF	53 02	3,1
Bauteil 4,Anbau 1, 2.OG							
170 F 2202 FAW S-W	1:0	34,3	0,191	1,00	FAW	53	6,6
171 F 2203 FAW S-W	1:0	29,4	0,185	1,00	FAW	53	5,4
172 F 2204 FAW S-O	1:0	25,2	0,185	1,00	FAW	53	4,7
173 A 2202 FF S-W	1:0	3,4	0,940	1,00	FF	53 02	3,2
174 A 2203 FF S-W	1:0	8,4	0,940	1,00	FF	53 02	7,9
175 A 2204 FF S-O	1:0	-	0,940	1,00	FF	53 02	



Projekt: St. Nikolaus Schule

Bauteil 4, Anbau 2, 2.OG							
176 F 2301 FAW N-W	1:0	28,7	0,185	1,00 FAW	53		5,3
177 F 2302 FAW S-W	1:0	68,8	0,185	1,00 FAW	53		12,7
178 F 2305 FAW N-O	1:0	24,3	0,191	1,00 FAW	53		4,6
179 A 2301 FF N-W	1:0	4,6	0,940	1,00 FF	53 02		4,3
180 A 2302 FF S-W	1:0	9,1	0,940	1,00 FF	53 02		8,6
181 A 2305 FF N-O	1:0	9,0	0,940	1,00 FF	53 02		8,5
Bauteil 4, Anbau 3, 2.OG							
182 F 2404 FAW N-O	1:0	13,3	0,191	1,00 FAW	53		2,5
183 F 2405 FAW Nord	1:0	12,4	0,191	1,00 FAW	53		2,4
184 F 2407 FAW Nord	1:0	27,9	0,181	1,00 FAW	53		5,0
185 A 2405 FF Nord	1:0	6,1	0,940	1,00 FF	53 02		5,7
186 A 2407 FF Nord	1:0	9,1	0,940	1,00 FF	53 02		8,6
Bauteil 4, Anbau 4, 2.OG							
187 F 2508 FAW Nord	1:0	8,3	0,185	1,00 FAW	53		1,5
188 F 2509 FAW S-O	1:0	3,0	0,185	1,00 FAW	53		0,5
189 F 2510 FAW N-O	1:0	14,2	0,185	1,00 FAW	53		2,6
190 A 2508 FF Nord	1:0	0,8	0,940	1,00 FF	53 02		0,7
Dach Anbau 5							
191 F 2703 FD N-W 16°	1:0	62,6	0,128	1,00 FD	53		8,0
192 F 2700 FAW S-W	1:0	1,1	0,191	1,00 FAW	53		0,2
193 F 2704 FAW N-O	1:0	1,1	0,191	1,00 FAW	53		0,2
Dach Ansicht N-W							
194 F 2802 FD S-O 14°	1:0	474,3	0,128	1,00 FD	53		60,7
195 F 2803 FD N-W 14°	1:0	474,3	0,128	1,00 FD	53		60,7
196 F 2804 FAW N-O	1:0	9,3	0,185	1,00 FAW	53		1,7
Dach Ansicht N-O							
197 F 2902 FD S-W 10°	1:0	205,3	0,128	1,00 FD	53		26,3
198 F 2903 FD N-O 10°	1:0	205,3	0,128	1,00 FD	53		26,3
199 F 2904 FAW S-O	1:0	14,3	0,185	1,00 FAW	53		2,6
Dach Ansicht S-W							
200 F 3002 FD S-W 12°	1:0	183,8	0,128	1,00 FD	53		23,5
201 F 3003 FD N-O 12°	1:0	183,8	0,128	1,00 FD	53		23,5
Dach Ansicht S							
202 F 3102 FD Süd 12°	1:0	229,8	0,128	1,00 FD	53		29,4
203 F 3103 FD Nord 12°	1:0	229,8	0,128	1,00 FD	53		29,4
204 F 3104 FAW Ost	1:0	11,6	-	1,00 FAW	53		

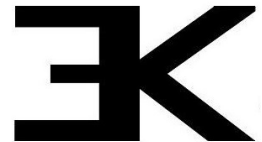
$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 7.773,5$$

$$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.925,4$$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 512,37 / 34,60 = 14,81 \text{ m}$
2. Bodenplattenmaß B' (26) = $12,15 = 12,15 \text{ m}$
3. Bodenplattenmaß B' (27) = $13,49 = 13,49 \text{ m}$
4. Bodenplattenmaß B' (28) = $10,20 = 10,20 \text{ m}$
5. Bodenplattenmaß B' (29) = $8,90 = 8,90 \text{ m}$

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).
- 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.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.



Projekt: St. Nikolaus Schule

2.1 Wärmebrücken (Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen nach Zonen
Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

Zone	ΔU_{WB} [W/ (m²K)]	[W/K]
<1> Schule	0,100	626,8

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
<1> Schule	2264	62	226	2552	0	0
	2264	62	226	2552		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A$ = 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 2.552,2 / 7.785,2 = \mathbf{0,33 \text{ W/(m²K)}}$

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

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberfl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,28	1,50	1,50	2,50
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,15	0,94		

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,94 \text{ W/(m²K)} = 1,50 \text{ W/(m²K)} -37,3\%$



Projekt: St. Nikolaus Schule

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, mit RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), $n_{50} = 1,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 2 \cdot 7774 / 19150 = 0,81 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.02 \quad f_{\text{wind}} = 20 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}	n_{win} h^{-1}	$n_{\text{m,ZUL}}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
<1> Schule	-	0,81	10,00	3,80	0,02	0,92	1,52	9
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> Schule			0,00	0,00	0,02	0,10		

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 29069 / 29069 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot A_{\text{NGF}} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
 n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
 $n_{\text{inf}} = n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,\text{mech}} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
 n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{V,\text{mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal nach Gl.77}$
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{\text{nutz}} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - n_{\text{inf}} - 0.1$
 $n_{\text{mech}} = n_{\text{mech,ZUL}}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden
 Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)
 Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m^3	$H_{V,z,\text{Jan}}$ W/K	$H_{V,\text{inf}}$ W/K	$H_{V,\text{win}}$ W/K	ΣH_V W/K	$H_{V,\text{mech}}$ W/K	$\vartheta_{V,\text{Jan}}$ $^{\circ}\text{C}$
<1> Schule	19.150	0	106	5969	6.075	3706	2,9
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...							
<1> Schule		0	106	651	757		
		0	106	651	757		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,\text{win,ohne RLT}} = f_{\text{win,seasonal}} \cdot H_{V,\text{win}} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,\text{win}} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,\text{Jan}} + H_{V,\text{inf}} + H_{V,\text{win}}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 ϑ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)



Projekt: St. Nikolaus Schule

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 m^2	I_S , Jan/Jul W/m^2	g_{eff} , Jan/Jul %	Q_S , Jan/Jul kWh/d
7 A 0101 FF N-W	1	5,31	11/ 95	44/ 44	07100 0,6/ 5,3
8 A 0103 FF N-W	1	5,31	11/ 95	44/ 44	" 0,6/ 5,3
9 A 0105 FF N-W	1	7,30	11/ 95	44/ 44	" 0,8/ 7,3
10 A 0109 FF S-O	1	47,75	50/ 132	44/ 44	" 25,0/ 66,2
21 A 0201 FF N-W	1	8,93	11/ 95	44/ 44	" 1,0/ 8,9
22 A 0203 FF N-W	1	8,78	11/ 95	44/ 44	" 1,0/ 8,8
23 A 0209 FF S-O	1	7,56	50/ 132	44/ 44	" 4,0/ 10,5
24 A 0210 FF N-O	1	19,38	11/ 112	44/ 44	" 2,2/ 22,8
30 A 0302 FF S-O	1	6,70	50/ 132	44/ 44	" 3,5/ 9,3
31 A 0303 FF Süd	1	26,80	59/ 113	44/ 44	" 16,6/ 31,8
32 A 0304 FF N-O	1	11,55	11/ 112	44/ 44	" 1,3/ 13,6
33 A 0305 FF Nord	1	2,31	10/ 81	44/ 44	" 0,2/ 2,0
38 A 0402 FF S-W	1	6,38	40/ 120	44/ 44	" 2,7/ 8,0
39 A 0403 FF S-W	1	8,50	40/ 120	44/ 44	" 3,6/ 10,7
44 A 0502 FF S-W	1	6,38	40/ 120	44/ 44	" 2,7/ 8,0
45 A 0506 FF N-O	1	4,79	11/ 112	44/ 44	" 0,6/ 5,6
50 A 0604 FF Nord	1	4,26	10/ 81	44/ 44	" 0,4/ 3,6
51 A 0605 FF Nord	1	6,38	10/ 81	44/ 44	" 0,7/ 5,4
56 A 0708 FF Nord	1	0,54	10/ 81	44/ 44	" 0,1/ 0,5
63 A 0801 FF N-W	1	3,86	11/ 95	44/ 44	" 0,4/ 3,9
64 A 0802 FF N-W	1	2,24	11/ 95	44/ 44	" 0,3/ 2,2
65 A 0808 FF N-W	1	2,24	11/ 95	44/ 44	" 0,3/ 2,2
73 A 1001 FF N-W	1	5,31	11/ 95	44/ 44	" 0,6/ 5,3
74 A 1005 FF N-W	1	5,31	11/ 95	44/ 44	" 0,6/ 5,3
75 A 1007 FF N-W	1	6,61	11/ 95	44/ 44	" 0,8/ 6,6
76 A 1011 FF S-O	1	42,45	50/ 132	44/ 44	" 22,3/ 58,8
86 A 1101 FF N-W	1	11,16	11/ 95	44/ 44	" 1,3/ 11,1
87 A 1103 FF N-W	1	8,78	11/ 95	44/ 44	" 1,0/ 8,8
88 A 1109 FF S-O	1	4,00	50/ 132	44/ 44	" 2,1/ 5,5
89 A 1110 FF N-O	1	24,57	11/ 112	44/ 44	" 2,8/ 28,9
90 A 1111 FF S-O	1	15,22	50/ 132	44/ 44	" 8,0/ 21,1
95 A 1202 FF Süd	1	6,70	59/ 113	44/ 44	" 4,1/ 7,9
96 A 1203 FF S-O	1	26,80	50/ 132	44/ 44	" 14,1/ 37,1
97 A 1204 FF N-O	1	11,55	11/ 112	44/ 44	" 1,3/ 13,6
98 A 1205 FF Nord	1	2,31	10/ 81	44/ 44	" 0,2/ 2,0
102 A 1302 FF S-W	1	2,41	40/ 120	44/ 44	" 1,0/ 3,0
103 A 1303 FF S-W	1	5,86	40/ 120	44/ 44	" 2,5/ 7,4
104 A 1304 FF S-O	1	0,00	50/ 132	44/ 44	" -/ 0,0
108 A 1401 FF N-W	1	3,19	11/ 95	44/ 44	" 0,4/ 3,2
109 A 1402 FF S-W	1	6,38	40/ 120	44/ 44	" 2,7/ 8,0
110 A 1405 FF N-O	1	6,30	11/ 112	44/ 44	" 0,7/ 7,4
114 A 1505 FF Nord	1	4,26	10/ 81	44/ 44	" 0,4/ 3,6



Projekt: St. Nikolaus Schule

115	A	1507	FF	Nord	1	6,38	10/	81	44/	44	"	0,7/	5,4
119	A	1608	FF	Nord	1	0,54	10/	81	44/	44	"	0,1/	0,5
125	A	1701	FF	N-W	1	2,32	11/	95	44/	44	"	0,3/	2,3
126	A	1702	FF	Süd	1	0,71	59/	113	44/	44	"	0,4/	0,8
127	A	1703	FF	N-W	1	3,86	11/	95	44/	44	"	0,4/	3,9
128	A	1704	FF	Nord	1	0,71	10/	81	44/	44	"	0,1/	0,6
129	A	1705	FF	N-W	1	2,32	11/	95	44/	44	"	0,3/	2,3
130	A	1706	FF	S-W	1	0,73	40/	120	44/	44	"	0,3/	0,9
131	A	1710	FF	N-O	1	0,71	11/	112	44/	44	"	0,1/	0,8
141	A	1901	FF	N-W	1	5,31	11/	95	44/	44	"	0,6/	5,3
142	A	1902	FF	West	1	5,31	17/	117	44/	44	"	0,9/	6,5
143	A	1903	FF	West	1	5,31	17/	117	44/	44	"	0,9/	6,5
144	A	1904	FF	West	1	5,31	17/	117	44/	44	"	0,9/	6,5
145	A	1905	FF	N-W	1	5,31	11/	95	44/	44	"	0,6/	5,3
146	A	1907	FF	N-W	1	6,61	11/	95	44/	44	"	0,8/	6,6
147	A	1911	FF	S-O	1	42,45	50/	132	44/	44	"	22,3/	58,8
157	A	2001	FF	N-W	1	11,16	11/	95	44/	44	"	1,3/	11,1
158	A	2003	FF	N-W	1	8,78	11/	95	44/	44	"	1,0/	8,8
159	A	2009	FF	S-O	1	4,00	50/	132	44/	44	"	2,1/	5,5
160	A	2010	FF	N-O	1	24,57	11/	112	44/	44	"	2,8/	28,9
161	A	2011	FF	S-O	1	15,22	50/	132	44/	44	"	8,0/	21,1
166	A	2102	FF	Süd	1	6,70	59/	113	44/	44	"	4,1/	7,9
167	A	2103	FF	S-O	1	26,80	50/	132	44/	44	"	14,1/	37,1
168	A	2104	FF	N-O	1	11,55	11/	112	44/	44	"	1,3/	13,6
169	A	2105	FF	Nord	1	2,31	10/	81	44/	44	"	0,2/	2,0
173	A	2202	FF	S-W	1	2,41	40/	120	44/	44	"	1,0/	3,0
174	A	2203	FF	S-W	1	5,86	40/	120	44/	44	"	2,5/	7,4
175	A	2204	FF	S-O	1	0,00	50/	132	44/	44	"	-/	0,0
179	A	2301	FF	N-W	1	3,19	11/	95	44/	44	"	0,4/	3,2
180	A	2302	FF	S-W	1	6,38	40/	120	44/	44	"	2,7/	8,0
181	A	2305	FF	N-O	1	6,30	11/	112	44/	44	"	0,7/	7,4
185	A	2405	FF	Nord	1	4,26	10/	81	44/	44	"	0,4/	3,6
186	A	2407	FF	Nord	1	6,38	10/	81	44/	44	"	0,7/	5,4
190	A	2508	FF	Nord	1	0,54	10/	81	44/	44	"	0,1/	0,5
						642,70							
							207/ 774						

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

a_{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



Projekt: St. Nikolaus Schule

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 ...								
<1> Schule	16.734	12.758	4.717	3.272	6.474	5.770	13.679	183.286
	16.734	12.758	4.717	3.272	6.474	5.770	13.679	183.286

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
<1> Schule	7269	726,9	145,4	0,0	872,3
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Schule		-	-	0,0	0,0

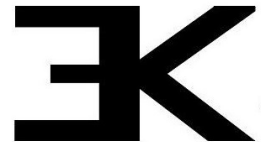
ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

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
<1> Schule	0,0	238,5	18,4	13,6	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



Projekt: St. Nikolaus Schule

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

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V, \text{mech}}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
<1> Schule	2552	6074	3706	5703	1363	0,239
Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> Schule	50	12333	29,47	2,84	0,987	1,000

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

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

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

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

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

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

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

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

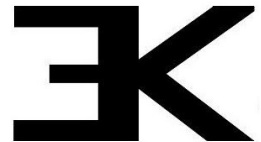
Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

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

7.1 Zone <1> Schule



Projekt: St. Nikolaus 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 $\vartheta_{h,Jan} = 19,6 \text{ °C}$ und $Q_I = 872,3 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,7 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,787	0,944	0,982	0,989	0,987	0,986	0,969	0,770
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,765	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,747
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	5.600	10.279	6.232	6.439	6.439	5.816	6.439	64.842
t_h	h	395	408	720	744	744	672	744	5.191
$Q_{h,b,RE}$	kWh	9.789	35.309	58.519	76.434	74.021	63.259	52.512	408.324
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	6.795	10.688	9.158	7.558	2.513	36.713
Q_T	kWh	10.906	19.345	27.512	33.811	33.644	29.020	27.420	226.876
Q_V	kWh	20.979	41.065	61.063	76.218	75.377	64.902	59.692	477.177
Q_S^*	kWh	13.003	12.350	4.671	3.253	6.427	5.725	13.440	117.156
Q_I^*	kWh	14.458	18.089	18.591	19.654	19.414	17.381	18.647	174.508

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

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

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

solare Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S^* \eta$ 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/ (m ² a)
<1>	Schule	226.876	477.177	117.156	174.508	445.036	61,2
		226.876	477.177	117.156	174.508	445.036	61,2

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)



Projekt: St. Nikolaus Schule

9.1 Gewählte RLT-Anlagen (Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
<1> Schule	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 29069 / 29069 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$
 RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten
 VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbefeuchter / Dampfbefeuchter
 rec..% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte
 θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.2 Strombedarf der Ventilatoren (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
<1> Schule	29069	153	0,00	0,00	-

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<1> Schule	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-

$V_{\text{mech, m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen
 $t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = $h/\text{Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im Regelbetrieb}$
 $P_{V, \text{SUP}} / P_{V, \text{ETA}}$ = 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 (74), 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

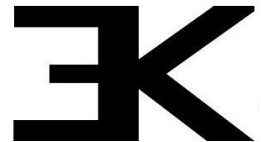
Tageslichtbereich	Zone	Em lx	ATL m²	ARB m²	Tageslicht	CTL %
1 A 0101 FAW N-W	N-W 1	300	33,8	7,6	gut	89
2 A 0103 FAW N-W	N-W 1	300	33,8	7,6	gut	89
3 A 0105 FAW N-W	N-W 1	300	26,5	10,4	gut	96
4 A 0109 FAW S-O	S-O 1	300	179,8	68,2	gut	91
5 A 0201 FAW N-W	N-W 1	300	53,5	12,8	gut	89
6 A 0203 FAW N-W	N-W 1	300	30,5	12,5	gut	96
7 A 0209 FAW S-O	S-O 1	300	33,2	10,8	gut	90
8 A 0210 FAW N-O	N-O 1	300	78,9	27,7	gut	95
9 A 0302 FAW S-O	S-O 1	300	47,2	9,6	mittel	86
10 A 0303 FAW Süd	Süd 1	300	100,2	38,3	gut	88
11 A 0304 FAW N-O	N-O 1	300	21,3	16,5	gut	98
12 A 0305 FAW Nord	Nord 1	300	16,9	3,3	mittel	81
13 A 0402 FAW S-W	S-W 1	300	33,5	9,1	gut	88
14 A 0403 FAW S-W	S-W 1	300	31,3	12,1	gut	91
15 A 0502 FAW S-W	S-W 1	300	67,7	9,1	gering	68
16 A 0506 FAW N-O	N-O 1	300	31,5	6,8	mittel	79
17 A 0604 FAW Nord	Nord 1	300	7,9	6,1	gut	97
18 A 0605 FAW Nord	Nord 1	300	32,6	9,1	gut	88
19 A 0708 FAW Nord	Nord 1	300	3,8	0,8	mittel	77
20 A 0801 FAW N-W	N-W 1	300	4,6	5,5	gut	99
21 A 0802 FAW N-W	N-W 1	300	10,4	3,2	gut	91
22 A 0808 FAW N-W	N-W 1	300	10,4	3,2	gut	91
23 A 1001 FAW N-W	N-W 1	300	33,8	7,6	gut	89
24 A 1005 FAW N-W	N-W 1	300	33,8	7,6	gut	89
25 A 1007 FAW N-W	N-W 1	300	26,5	9,4	gut	95



Projekt: St. Nikolaus Schule

26	A	1011	FAW	S-O	S-O	1	300	179,8	60,6	gut	91
27	A	1101	FAW	N-W	N-W	1	300	53,5	15,9	gut	92
28	A	1103	FAW	N-W	N-W	1	300	30,5	12,5	gut	96
29	A	1109	FAW	S-O	S-O	1	300	33,2	5,7	gering	76
30	A	1110	FAW	N-O	N-O	1	300	71,2	35,1	gut	97
31	A	1111	FAW	S-O	S-O	1	300	30,5	21,8	gut	93
32	A	1202	FAW	Süd	Süd	1	300	47,2	9,6	mittel	83
33	A	1203	FAW	S-O	S-O	1	300	100,2	38,3	gut	91
34	A	1204	FAW	N-O	N-O	1	300	21,5	16,5	gut	98
35	A	1205	FAW	Nord	Nord	1	300	16,9	3,3	mittel	81
36	A	1302	FAW	S-W	S-W	1	300	14,2	3,4	mittel	86
37	A	1303	FAW	S-W	S-W	1	300	8,9	8,4	gut	93
38	A	1401	FAW	N-W	N-W	1	300	28,1	4,6	gering	68
39	A	1402	FAW	S-W	S-W	1	300	67,7	9,1	gering	68
40	A	1405	FAW	N-O	N-O	1	300	40,5	9,0	mittel	80
41	A	1505	FAW	Nord	Nord	1	300	22,5	6,1	mittel	81
42	A	1507	FAW	Nord	Nord	1	300	45,0	9,1	mittel	72
43	A	1608	FAW	Nord	Nord	1	300	3,8	0,8	mittel	77
44	A	1701	FAW	N-W	N-W	1	300	8,1	3,3	gut	94
45	A	1702	FAW	Süd	Süd	1	300	0,0	1,0	keine	38
46	A	1703	FAW	N-W	N-W	1	300	7,2	5,5	gut	98
47	A	1704	FAW	Nord	Nord	1	300	0,0	1,0	keine	17
48	A	1705	FAW	N-W	N-W	1	300	7,2	3,3	gut	95
49	A	1706	FAW	S-W	S-W	1	300	0,1	1,0	gut	93
50	A	1710	FAW	N-O	N-O	1	300	0,1	1,0	gut	99
51	A	1901	FAW	N-W	N-W	1	300	29,2	7,6	gut	91
52	A	1902	FAW	West	West	1	300	9,4	7,6	gut	93
53	A	1903	FAW	West	West	1	300	8,5	7,6	gut	93
54	A	1904	FAW	West	West	1	300	8,5	7,6	gut	93
55	A	1905	FAW	N-W	N-W	1	300	28,7	7,6	gut	91
56	A	1907	FAW	N-W	N-W	1	300	28,3	9,4	gut	94
57	A	1911	FAW	S-O	S-O	1	300	179,8	60,6	gut	91
58	A	2001	FAW	N-W	N-W	1	300	55,3	15,9	gut	92
59	A	2003	FAW	N-W	N-W	1	300	32,3	12,5	gut	95
60	A	2009	FAW	S-O	S-O	1	300	35,0	5,7	gering	74
61	A	2010	FAW	N-O	N-O	1	300	73,0	35,1	gut	97
62	A	2011	FAW	S-O	S-O	1	300	32,3	21,8	gut	93
63	A	2102	FAW	Süd	Süd	1	300	48,1	9,6	mittel	83
64	A	2103	FAW	S-O	S-O	1	300	102,0	38,3	gut	91
65	A	2104	FAW	N-O	N-O	1	300	23,3	16,5	gut	98
66	A	2105	FAW	Nord	Nord	1	300	16,9	3,3	mittel	81
67	A	2202	FAW	S-W	S-W	1	300	14,4	3,4	mittel	86
68	A	2203	FAW	S-W	S-W	1	300	9,5	8,4	gut	93
69	A	2301	FAW	N-W	N-W	1	300	28,8	4,6	gering	67
70	A	2302	FAW	S-W	S-W	1	300	67,7	9,1	gering	68
71	A	2305	FAW	N-O	N-O	1	300	40,5	9,0	mittel	80
72	A	2405	FAW	Nord	Nord	1	300	19,3	6,1	gut	86
73	A	2407	FAW	Nord	Nord	1	300	43,4	9,1	mittel	73
74	A	2508	FAW	Nord	Nord	1	300	4,0	0,8	mittel	76

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen



Projekt: St. Nikolaus Schule

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
<1> Schule	7269	2.759	4.510

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

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

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

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

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

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

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

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich					CTL	CTL, kon	FTL Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1	A	0101	FAW	N-W	1	89	55	58	53	48	45	43
2	A	0103	FAW	N-W	1	89	55	58	53	48	45	43
3	A	0105	FAW	N-W	1	96	60	51	44	39	36	33
4	A	0109	FAW	S-O	1	91	60	54	47	42	39	37
5	A	0201	FAW	N-W	1	89	55	59	53	48	45	43
6	A	0203	FAW	N-W	1	96	60	51	44	39	36	33
7	A	0209	FAW	S-O	1	90	60	54	47	43	39	37
8	A	0210	FAW	N-O	1	95	60	52	45	40	36	34
9	A	0302	FAW	S-O	1	86	55	60	54	50	47	45
10	A	0303	FAW	Süd	1	88	60	55	49	44	41	39
11	A	0304	FAW	N-O	1	98	60	50	43	38	34	32
12	A	0305	FAW	Nord	1	81	55	62	57	53	50	48
13	A	0402	FAW	S-W	1	88	55	59	53	49	46	44
14	A	0403	FAW	S-W	1	91	60	54	47	42	39	37
15	A	0502	FAW	S-W	1	68	50	71	67	64	62	61
16	A	0506	FAW	N-O	1	79	55	63	58	54	51	49
17	A	0604	FAW	Nord	1	97	60	50	43	38	34	32
18	A	0605	FAW	Nord	1	88	55	59	53	49	46	44
19	A	0708	FAW	Nord	1	77	55	64	59	55	52	51
20	A	0801	FAW	N-W	1	99	60	50	42	37	34	31
21	A	0802	FAW	N-W	1	91	55	57	51	47	44	42
22	A	0808	FAW	N-W	1	91	55	57	51	47	44	42
23	A	1001	FAW	N-W	1	89	55	58	53	48	45	43
24	A	1005	FAW	N-W	1	89	55	58	53	48	45	43
25	A	1007	FAW	N-W	1	95	60	52	45	40	36	34
26	A	1011	FAW	S-O	1	91	60	54	47	42	39	37
27	A	1101	FAW	N-W	1	92	60	53	46	41	38	36



Projekt: St. Nikolaus Schule

28	A	1103	FAW	N-W	1	96	60	51	44	39	36	33	33
29	A	1109	FAW	S-O	1	76	50	68	63	60	58	56	56
30	A	1110	FAW	N-O	1	97	60	51	44	38	35	33	32
31	A	1111	FAW	S-O	1	93	60	53	46	41	38	35	35
32	A	1202	FAW	Süd	1	83	55	61	56	52	49	47	47
33	A	1203	FAW	S-O	1	91	60	54	47	42	39	37	36
34	A	1204	FAW	N-O	1	98	60	50	43	38	34	32	31
35	A	1205	FAW	Nord	1	81	55	62	57	53	50	48	48
36	A	1302	FAW	S-W	1	86	55	60	54	50	47	45	45
37	A	1303	FAW	S-W	1	93	60	53	46	41	38	35	35
38	A	1401	FAW	N-W	1	68	50	71	67	64	62	60	60
39	A	1402	FAW	S-W	1	68	50	71	67	64	62	61	60
40	A	1405	FAW	N-O	1	80	55	63	57	53	51	49	49
41	A	1505	FAW	Nord	1	81	55	62	57	53	50	48	48
42	A	1507	FAW	Nord	1	72	50	69	65	62	60	58	58
43	A	1608	FAW	Nord	1	77	55	64	59	55	52	51	50
44	A	1701	FAW	N-W	1	94	60	52	45	40	37	34	34
45	A	1702	FAW	Süd	1	38	50	84	82	80	79	78	78
46	A	1703	FAW	N-W	1	98	60	50	43	38	34	32	31
47	A	1704	FAW	Nord	1	17	50	93	92	91	91	90	90
48	A	1705	FAW	N-W	1	95	60	51	44	39	36	34	33
49	A	1706	FAW	S-W	1	93	60	52	46	41	37	35	35
50	A	1710	FAW	N-O	1	99	60	50	42	37	33	31	31
51	A	1901	FAW	N-W	1	91	55	57	51	47	44	42	41
52	A	1902	FAW	West	1	93	60	53	46	41	38	35	35
53	A	1903	FAW	West	1	93	60	53	46	41	38	35	35
54	A	1904	FAW	West	1	93	60	53	46	41	38	35	35
55	A	1905	FAW	N-W	1	91	55	57	51	47	44	42	41
56	A	1907	FAW	N-W	1	94	60	52	45	40	37	34	34
57	A	1911	FAW	S-O	1	91	60	54	47	42	39	37	36
58	A	2001	FAW	N-W	1	92	60	53	47	42	38	36	36
59	A	2003	FAW	N-W	1	95	60	51	44	39	36	34	33
60	A	2009	FAW	S-O	1	74	50	69	64	61	59	57	57
61	A	2010	FAW	N-O	1	97	60	51	44	39	35	33	32
62	A	2011	FAW	S-O	1	93	60	53	46	41	38	36	35
63	A	2102	FAW	Süd	1	83	55	61	56	52	49	47	47
64	A	2103	FAW	S-O	1	91	60	54	47	42	39	37	36
65	A	2104	FAW	N-O	1	98	60	50	43	38	34	32	31
66	A	2105	FAW	Nord	1	81	55	62	57	53	50	48	48
67	A	2202	FAW	S-W	1	86	55	60	54	50	47	45	45
68	A	2203	FAW	S-W	1	93	60	53	46	41	38	35	35
69	A	2301	FAW	N-W	1	67	50	71	67	64	62	61	61
70	A	2302	FAW	S-W	1	68	50	71	67	64	62	61	60
71	A	2305	FAW	N-O	1	80	55	63	57	53	51	49	49
72	A	2405	FAW	Nord	1	86	55	60	54	50	47	45	45
73	A	2407	FAW	Nord	1	73	55	66	61	57	55	53	53
74	A	2508	FAW	Nord	1	76	55	64	59	56	53	51	51

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

FTL = max[1 - v_{Monat} * CTL * CTL_{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 "<1> 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 (75)

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 A 0101 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	52	1050	0	15
2 A 0103 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	52	1050	0	15
3 A 0105 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	46	1050	0	10
4 A 0109 FAW S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	48	1050	0	71
5 A 0201 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	52	1050	0	23
6 A 0203 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	46	1050	0	12
7 A 0209 FAW S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	48	1050	0	13
8 A 0210 FAW N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	46	1050	0	30
9 A 0302 FAW S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	54	1050	0	21
10 A 0303 FAW Süd	1	300	1-2-1	8,3	0,75	49	1050	0	41
11 A 0304 FAW N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	44	1050	0	8
12 A 0305 FAW Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	55	1050	0	8
13 A 0402 FAW S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	52	1050	0	15
14 A 0403 FAW S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	48	1050	0	12
15 A 0502 FAW S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	63	1050	0	36
16 A 0506 FAW N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	56	1050	0	15
17 A 0604 FAW Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	45	1050	0	3
18 A 0605 FAW Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	53	1050	0	14
19 A 0708 FAW Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	57	1050	0	2
20 A 0801 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	44	1050	0	2
21 A 0802 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	51	1050	0	4
22 A 0808 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	51	1050	0	4
23 A 1001 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	52	1050	0	15
24 A 1005 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	52	1050	0	15
25 A 1007 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	46	1050	0	10
26 A 1011 FAW S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	48	1050	0	72
27 A 1101 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	21
28 A 1103 FAW N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	46	1050	0	12
29 A 1109 FAW S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	61	1050	0	17
30 A 1110 FAW N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	45	1050	0	27
31 A 1111 FAW S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	12

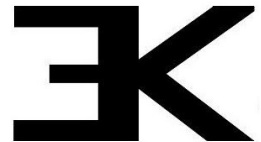


Projekt: St. Nikolaus Schule

32	A	1202	FAW	Süd	1	300	1-2-1	8,3	0,75	55	1050	0	21
33	A	1203	FAW	S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	48	1050	0	40
34	A	1204	FAW	N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	44	1050	0	8
35	A	1205	FAW	Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	55	1050	0	8
36	A	1302	FAW	S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	53	1050	0	6
37	A	1303	FAW	S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	3
38	A	1401	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	63	1050	0	15
39	A	1402	FAW	S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	63	1050	0	36
40	A	1405	FAW	N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	56	1050	0	19
41	A	1505	FAW	Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	55	1050	0	10
42	A	1507	FAW	Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	62	1050	0	23
43	A	1608	FAW	Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	57	1050	0	2
44	A	1701	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	46	1050	0	3
45	A	1702	FAW	Süd	1	300	1-2-1	8,3	0,75	75	1050	0	0
46	A	1703	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	45	1050	0	3
47	A	1704	FAW	Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	83	1050	0	0
48	A	1705	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	46	1050	0	3
49	A	1706	FAW	S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	0
50	A	1710	FAW	N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	44	1050	0	0
51	A	1901	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	51	1050	0	12
52	A	1902	FAW	West	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	4
53	A	1903	FAW	West	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	3
54	A	1904	FAW	West	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	3
55	A	1905	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	51	1050	0	12
56	A	1907	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	46	1050	0	11
57	A	1911	FAW	S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	48	1050	0	72
58	A	2001	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	22
59	A	2003	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	46	1050	0	12
60	A	2009	FAW	S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	61	1050	0	18
61	A	2010	FAW	N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	45	1050	0	27
62	A	2011	FAW	S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	13
63	A	2102	FAW	Süd	1	300	1-2-1	8,3	0,75	55	1050	0	22
64	A	2103	FAW	S-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	48	1050	0	41
65	A	2104	FAW	N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	45	1050	0	9
66	A	2105	FAW	Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	55	1050	0	8
67	A	2202	FAW	S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	53	1050	0	6
68	A	2203	FAW	S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	47	1050	0	4
69	A	2301	FAW	N-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	64	1050	0	15
70	A	2302	FAW	S-W	1	300	1-2-1	8,3	0,75	63	1050	0	36
71	A	2305	FAW	N-O	1	300	1-2-1	8,3	0,75	56	1050	0	19
72	A	2405	FAW	Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	53	1050	0	9
73	A	2407	FAW	Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	59	1050	0	21
74	A	2508	FAW	Nord	1	300	1-2-1	8,3	0,75	57	1050	0	2
75	A	in <1>	ohne	TL	1	300	1-2-1	8,3	0,75	0	1050	0	3335

4511

1-2-1 (1.14): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät VVG verlustarm, direkt, $A_{KL} = 7.270 \text{ m}^2$
Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein



Projekt: St. Nikolaus Schule

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
<1> Schule	3.754	3.972	3.959	4.229	4.054	3.562	3.862	46.075
	3.754	3.972	3.959	4.229	4.054	3.562	3.862	46.075

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} * E_m * k_{WF} * k_A * k_L * k_{VB}$ W/m² (Gl.11)
mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j * [ATL * (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL * (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} * \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

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

11.1 Kühlenergiebedarf (Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> Schule	599	1881	3,142	50,000	29,47	0,310

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> Schule	232	317	305	898	3.533	9.571	16.725	85.751

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$
 $Q_{C,b} = (1 - \eta) * Q_{source}$ mit $Q_{source} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{source}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)
berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,soll} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0



Projekt: St. Nikolaus Schule

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
<1> Schule	0	163,0	156,5	nein
		163,0	156,5	

$Q_{C,max} = 0.8 * (Q_{source} - Q_{sink}) * (1 + 0.3 * EXP(-\tau/120)) - c_{wirk}/60 * (\Delta \theta - 2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_{C-1})$ (T2, C.1)
mit $t_{C,op,d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta \theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

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

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

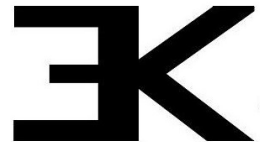
Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, Jan}$ kWh/M
<1> Schule	Schule ohne Dus	0,130 m² Klassenräu	7269	16.052 c

$Q_{w,b} = q_{w,b} * d_{mth} * d_{nutz}/365 * Menge$ [kWh/Monat] (DIN V 18599-10)
c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche A_{NGF}

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	1/	0,98	185.217
2			

12.3 Verteilungsnetze



Projekt: St. Nikolaus Schule

(Ref-No 5.12.3)

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

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

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

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 $V = 0,54$ m³/h, $\Delta p = 15,4$ kPa, $P_{hydr} = 2,302$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 11,9$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Stichltg. (St)
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1			
Leitungslängen l_i	123 m	70 m	109 m
Wärmedurchgangskoeffizient U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$	34,5 °C	32,9 °C	32,9 °C
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$	13,0 °C	19,6 °C	19,6 °C
Monat	Sep	Okt	Nov
	Dez	Jan	Feb
	Mär	Jahr	

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

$Q_{w,b}$	kWh	15.223	15.731	15.223	15.731	15.731	14.208	15.731	185.217
$Q_{w,d,V}$	kWh	399	413	399	413	413	373	413	4.859
$Q_{w,d,S}$	kWh	212	223	219	228	228	206	226	2.620
$Q_{w,d,St}$	kWh	136	144	144	151	151	136	148	1.699
$Q_{w,d}$	kWh	747	780	762	792	792	714	787	9.178
$W_{w,d}$	kWh	3	3	3	3	3	3	3	38
$Q_{I,w,d}$	kWh	348	367	363	380	380	342	374	4.319

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

12.4 Warmwasserspeicher

(Ref-No 5.12.4)

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

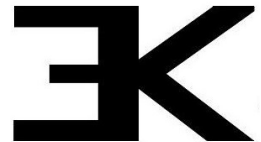
indirekt beheizter Speicher, bivalent mit Solarteil, Speichervolumen $V_{aux} = 1.490$, $V_{sol} = 1.438$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 2,7$ kWh/d

Umgebungstemperatur am Aufstellort = Bilanzinnentemperatur

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 $P_p = 216$ W, Hilfsenergiebedarf $W_{w,s}$



Projekt: St. Nikolaus Schule

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	15.971	16.510	15.986	16.523	16.523	14.923	16.517	194.394
$Q_{w,s}$	kWh	41	42	41	43	43	39	43	498
$W_{w,s}$	kWh	159	164	159	164	164	148	164	1.933
$Q_{I,w,s}$	kWh	41	42	41	43	43	39	43	498
Aufteilung $Q_{I,w,s}$: nach Grundflächenanteilen									

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	16.011	16.553	16.027	16.566	16.566	14.962	16.560	194.893

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung (Ref-No 5.12.7)

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1
Wärmepumpe 1, Sole-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 545,1 kW
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d, Vorrangschaltung für WW

Leistungszahl im Prüfstand COP = 4,3 bei S0/W35

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur 55°C und für monatsmittlere Soletemperaturen (Erdsonde, Tab.21) korrigiert

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

Jahresarbeitszahl $SPF_{w,gen,a} = 194893 / (70244 + 0 + 2022) = 2,70$ (Gl.89)

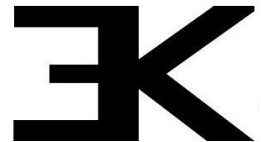
Nutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d} + Q_{w,s} - Q_{w,sol}$ monatlich

$Q_{w,f}$ = Endenergiebedarf und $W_{w,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf der Wärmepumpe

COP = Leistungszahl der WP, $t_{w,gen}$ = Laufzeit, $Q_{w,in}$ = verwendete Umweltwärme (Gl.80)

$Q_{w,f,hu}$ = Nutzwärmebedarf der Nachheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1, Jahresarbeitszahl _{WW} = 2,70									
$Q_{w,outg}$	kWh	16.011	16.553	16.027	16.566	16.566	14.962	16.560	194.893
COP		2,82	2,77	2,73	2,70	2,70	2,71	2,73	
$t_{w,gen}$	h/d	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	
$Q_{w,f}$	kWh	5.686	5.967	5.879	6.145	6.131	5.525	6.062	70.244
$Q_{w,in}$	kWh	10.325	10.585	10.147	10.421	10.435	9.436	10.498	124.649
$W_{w,gen}$	kWh	164	172	169	177	176	159	174	2.022



Projekt: St. Nikolaus Schule

12.8 Wärmeerzeugung (Ref-No 5.12.8)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht vorgesehen

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung (Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w, outg}$	kWh	16.011	16.553	16.027	16.566	16.566	14.962	16.560	194.893
$Q_{w, f}$	kWh	5.686	5.967	5.880	6.145	6.131	5.525	6.062	70.244
$W_{w, f}$	kWh	326	339	331	344	344	310	342	3.993
eco-Strom	kWh	5.686	5.967	5.880	6.145	6.131	5.525	6.062	70.244
$Q_{I, w, <1>}$	kWh/d	13,0	13,2	13,5	13,6	13,6	13,6	13,4	

$Q_{w, outg} / Q_{w, f}$ = 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)

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
<1> Schule	81,7	97,2	29107	316,7	495,5

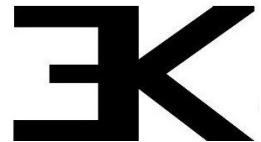
$Q_{T, max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen $Q_{T, iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i, min, H}$.

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

$V_{mech} = \eta_{mech, ZUL} \cdot V$ = 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)



Projekt: St. Nikolaus Schule

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 statische Zentralheizung (REF	100%	1/	445.036	495,5	544,6
2					

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	9.789	35.309	65.313	87.122	83.180	70.817	55.025	445.036

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 "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone <1> Schule

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t _h <1>	h/m	395	408	720	744	744	672	744	5.191
t _{h,rL,d} <1>	h/d	9	9	13	15	15	15	13	
d _{h,rB} <1>	d/m	9	11	22	24	24	21	22	154
t _{h,rL} <1>	h/m	83	102	285	370	367	312	282	1.979

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

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

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

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

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

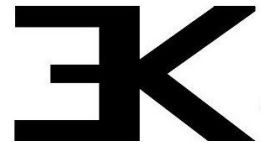
13.4 Heizwärmeübergabe (Ref-No 5.13.4)

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

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

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

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (12,1%)



Projekt: St. Nikolaus Schule

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	9.789	35.309	65.313	87.122	83.180	70.817	55.025	445.036
$Q_{h,ce}$	kWh	2.835	5.957	7.498	8.409	8.069	7.193	6.549	54.029
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	12.623	41.266	72.811	95.532	91.248	78.010	61.574	499.065

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

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

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

13.5 Heizwärmeverteilung (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) statische Zentralheizung (REF '20)

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 3
Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 7269,1 \text{ m}^2$, Geschosshöhe
i.M. = 3,20 m, 3 Geschosse, $L_{char} = 15,9 \text{ m}$. manuell

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\vartheta_{VA} = 35 \text{ °C}$ / $\vartheta_{RA} = 28 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 72 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) statische Zentralheizung (REF '20)			
Leitungslängen l_i	8.150,2 m	604,8 m	720,4 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\vartheta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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



Projekt: St. Nikolaus Schule

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)									
$\beta_{h,d}$		0,06	0,20	0,20	0,26	0,25	0,23	0,17	
$\theta_{VL,av}$	°C	22,7	25,1	25,1	26,0	25,8	25,6	24,5	
$\theta_{RL,av}$	°C	21,9	23,1	23,1	23,5	23,4	23,3	22,8	
$Q_{h,d}$	kWh	1.316	1.979	5.549	7.648	7.501	6.280	5.237	37.505
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	64	141	394	589	569	467	347	2.759

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 7,5 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{I,h,d} = 0,6 \%$

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

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

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

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)

$Q_{I,h,d} = Q_{h,d}$ = 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) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	13.940	43.245	78.360	103.180	98.750	84.290	66.811	536.571

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

(Ref-No 5.13.7)

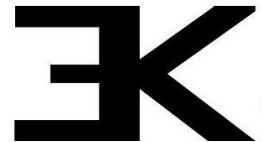
nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

(Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen



Projekt: St. Nikolaus Schule

(Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1)

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Wärmepumpe 1, Sole-Wasser WP (Standard) ab 2010

für Heizung und WW, 545,1 kW

Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 4,3 bei S0/W35

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

(Gl.14) und für monatsmittlere Soletemperaturen (Erdsonde, B.15) korrigiert

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

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol}$ = Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich

Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"

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

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

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

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{Hzg} = 2,92

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	13.940	43.245	78.360	103.180	98.750	84.290	66.811	536.571
COP		3,13	3,08	3,02	2,98	2,99	2,99	3,02	
$t_{ON,g,d}$	h/d	0,8	2,4	4,6	6,0	5,7	5,4	3,8	
$Q_{h,f}$	kWh	4.454	14.041	25.947	34.624	33.027	28.190	22.123	177.923
$Q_{h,in}$	kWh	9.486	29.204	52.413	68.556	65.723	56.099	44.689	358.647
$W_{h,gen}$	kWh	139	439	811	1.081	1.032	879	690	5.556

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

(Ref-No 5.13.10)

nicht vorgesehen

13.11 Endenergie Heizwärme

(Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	4.454	14.041	25.947	34.624	33.027	28.191	22.123	177.923
W_h	kWh	139	439	811	1.081	1.032	879	690	5.556
eco-Strom	kWh	4.454	14.041	25.947	34.624	33.027	28.191	22.123	177.923
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	2,1	4,5	13,1	19,0	18,4	16,7	11,2	

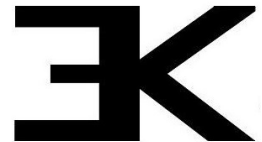
$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf Heizung = $Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s} + Q_{h,g} - Q_{h,sol}$ (Gl.4)

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt



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

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen
Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach GEG 2024 und DIN V 18599-9:2018
Peakleistung 109,20 kWp, quadratmeterbezogen 109,20 / (7269,1) = 0,015 kWp/m²
600m² PV-Module S-O 15° Standort Deutschland (Potsdam)
 $Q_{f,prod,PV} = E_{sol} * P_{pk} * f_{perf} / I_{ref}$, DIN V 18599-9:2018, Gl.64
 $Q_{f,nutz,PV}$ durch monatliche Aufrechnung $MIN(Q_{f,prod,PV} / Q_{Bedarf})$ (anrechenbar)

Strombedarf für Warmwasser Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf kWh		14.359	24.758	36.928	46.424	44.588	38.467	33.078	303.792
Stromangebot kWh		7.801	5.594	2.017	1.261	2.523	2.576	6.252	86.938
anrechenbar kWh		7.801	5.594	2.017	1.261	2.523	2.576	6.252	81.595

Jahres-Stromproduktion = 86.938 kWh/a, Strombedarf = 303.792 kWh/a, anrechenbar = 81.595 kWh/a

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
eco-Strom	Warmwasser	1/	70.244	1,80	1,00	126.439
eco-Strom	Heizwärme	1/	177.923	1,80	1,00	320.262
Strom-Mix	Beleuchtung	1/	46.075	1,80	1,00	82.936
Strom-Mix	Hilfsenergie		9.549	1,80	1,00	17.188
Strom-Mix	Stromgutschrift		-81.595	1,80	1,00	-146.871
Σ [kWh/Jahr]			222.197			399.954

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 399.954 / 7.269 = 55,0$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 7.269$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 222.197 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 1,3 kWh/(m²a), eco-Strom 34,1 kWh/(m²a), Strom-Mix 6,3 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -11,2 kWh/(m²a)



Projekt: St. Nikolaus Schule

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m ² a)
eco-Strom	70.244	560	39.337	
eco-Strom	177.923	560	99.637	
Strom-Mix	46.075	560	25.802	
Strom-Mix	9.549	560	5.347	
Strom aus PV	-	560	-45.693	
	303.791		124.430	17,1

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen
Gutschrift für PV-Strom = - 170123,3 / 303791,0 * 81595 = -45.693 KWh/a (GEG A9, Abs.1g)

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen (Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone		RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> Schule	7.269	-	46.076	-	70.244	177.924	294.244
Gebäude	7.269	-	46.076	-	70.244	177.924	294.244

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie
Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

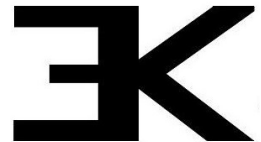
14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis (Ref-No 5.14.4)

	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	6,3	0,0	25,5	61,2	93,0
Endenergiebedarf	0,0	6,3	0,0	10,2	25,2	41,8
Primärenergiebedarf	0,0	11,4	0,0	18,4	45,4	75,2

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

15.0 Nachweise (Ref-No 5.15.0)

für ein neu errichtetes Gebäude
Referenzberechnung = "Schule-Referenz2020"



Projekt: St. Nikolaus Schule

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 eingehalten, **Nachweis erbracht**

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs (Ref-No 5.15.2)

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18
zul $q_{P,REF} = 113,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, aus der Referenzberechnung
zul $q_{P,REF} = \text{zul } q_{P,REF} - 10\% = 102,0$ vereinfachtes Einzonenmodell GEG §32
zul $q_P = 102,0 - 45\% = 56,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024
vorh $q_P = 399.954 / 7269,1 = 55,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_P = 55,0 \leq 56,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, **Grenzwert wird eingehalten**

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 731.463 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien	
1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a
2. aus elektrischen Wärmepumpen	731.463 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	731.463 kWh/a	100 %
----------------------------	---------------	-------

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 731462,9/731463,1 \cdot 100 = 100\%$ (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

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

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien (Ref-No 5.17.0)



Projekt: St. Nikolaus Schule

17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020
(Ref-No 5.17.1)

Nachweis für renovierte, öffentliche Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = 248167 + 0 + 483296 = 731.463 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Umweltenergie [WW-WP] [Hzg]	731.463	100,0 %	15,0 %	666,7 %
PV-Strom [PV-Strom]	81.595	11,2 %	15,0 %	74,7 %
				741,3 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Nachweis mit $HT'_{\text{Grenzwert}} = HT'_{\text{Referenzberechnung}} * 1,4$, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,42	0,33	21,2 %	10,0 %	211,6 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 952,9 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

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