

Wärmeschutznachweis gemäß GEG 2024 für Nichtwohngebäude nach §50 Absatz 2 (140%-Regel)

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Gebäudeteil Sanierung und Erweiterung von Sportstätten
Ort 45479 Mülheim an der Ruhr
Straße Uhlenhorstweg 19
Gemarkung
Flurstück
Baujahr 1973/2026

Bauherr Hockey- und Tennisclub
Uhlenhorst Mülheim e.V.
Straße Uhlenhorstweg 19
Plz Ort 45479 Mülheim an der Ruhr

Seiten 1-79

aufgestellt den 12.06.2026

Dieses Dokument wird elektronisch versendet und ist auch ohne Originalunterschrift gültig.

Hinweise zur Berechnung

Berechnungssoftware

DÄMMWERK 2026 vom 23.02.2026

Das Nichtwohngebäude wird unter Berücksichtigung der DIN V 18599 bilanziert. Die mit der Normenreihe DIN V 18599 durchgeführte Energiebilanz folgt einem integralen Ansatz, d.h. es erfolgt eine gemeinschaftliche Bewertung des Baukörpers, der Nutzung und der Anlagentechnik unter Berücksichtigung der gegenseitigen Wechselwirkungen.

Der Berechnung liegen umfangreiche technische Ausstattungen zugrunde. Abweichungen in der Ausstattung, in der Technik oder in den Bauteilaufbauten sind mir unbedingt vor der Ausführung mitzuteilen, um den Nachweis entsprechend anpassen zu können. Es sind weiterhin die übrigen Bestimmungen des GEG einzuhalten.

Bei der Energiebedarfsberechnung wurde **keine** Dichtigkeitsprüfung berücksichtigt.

Der Einfluss der Wärmebrücken wurde pauschal mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/m²K angenommen.

Die Bodenplatte der Hockeyhallen 1 und 2 ist nur im 5 m breiten Randstreifen gedämmt (6 cm Dämmung mit WLS 035).

Der Energiebedarf für Warmwasser wurde den Technologieberichten der Buderus Vertriebszentrale Düsseldorf entnommen.

Die angesetzten Baustoffe können gegen bautechnisch gleichwertige oder bessere ausgetauscht werden. Bei Zweifeln über die Gleichwertigkeit ist vor dem Einbau Rücksprache zu halten. Die Bauteilaufbauten sind als exemplarische Aufbauten zu verstehen.

Für die Bestandswand gegen Erdreich im UG von Bauteil C wurde keine Perimeterdämmung vorgesehen. Wir empfehlen dieses wand zu dämmen, da sonst der Mindestwärmeschutz in diesem bereich nicht eingehalten ist.

Zur Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß DIN 4108-2:2013 sind folgende Anforderungen an die transparenten Bauteile der Aufenthaltsräume gestellt:

Bauteil B:

Verglasung: Sonnenschutzverglasung mit $g \leq 40\%$ (Gesamtenergiedurchlassgrad)

Sonnenschutzvorrichtungen: außenliegend, Raffstore

Lichtkuppeln: Gesamtenergiedurchlassgrad $g \leq 50\%$

Bauteil C:

Verglasung: Sonnenschutzverglasung mit $g \leq 31\%$ (Gesamtenergiedurchlassgrad)

Sonnenschutzvorrichtungen: außenliegend, Raffstore

Grundlage dieser Berechnung ist der Vorabzug der Ausführungsplanung des Architekten
Stand 27.05.2026.

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

(Nachweis der kritischen Räume)

Raum: Bauteil B Athletik 01

mit der Nettogrundfläche $A_G = 186,58 \text{ m}^2$

- mit Sonnenschutzverglasung: mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad von $g \leq 40\%$
- mit Sonnenschutz : außenliegend, Raffstore

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

Der Nachweis erfolgt mittels thermischer Gebäudesimulation VDI 6007. Die Berechnungen und Ergebnisse sind dem separaten Nachweis „5451-Uhlenhorstweg - thermische Gebäudesimulation VDI 6007 – Athletik 01“ zu entnehmen.

.....

Raum: Bauteil C Seminar 01B

mit der Nettogrundfläche $A_G = 50,73 \text{ m}^2$

- mit Sonnenschutzverglasung: mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad von $g \leq 31\%$
- mit Sonnenschutz : außenliegend, Raffstore

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

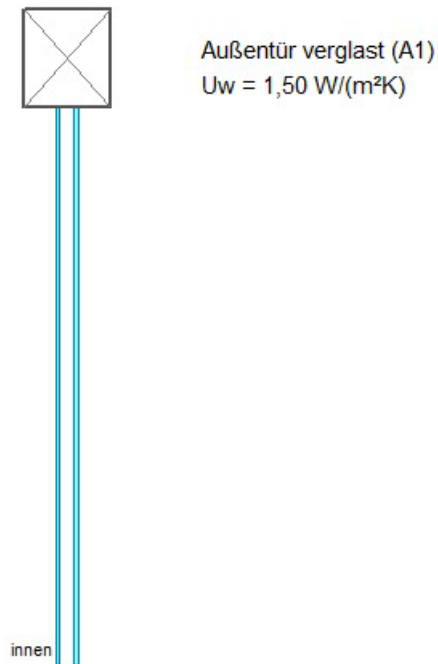
Der Nachweis erfolgt mittels thermischer Gebäudesimulation VDI 6007. Die Berechnungen und Ergebnisse sind dem separaten Nachweis „5451-Uhlenhorstweg - thermische Gebäudesimulation VDI 6007 – Seminar 01B“ zu entnehmen.

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Außentür verglast (A1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Außentürverglast.DWB



Bauteiltyp "Außentür verglast" (20)

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

Fenster

Verglasung $U_g=0.7$, $g=50\%$, $t_{D65} = 0,50$

Rahmen aus Profilen $U_f 2.6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 1,50 (1,5) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 30%

Rahmenanteil, Tab. H.3

mit $U_g = 0,70$ und $U_f = 2,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

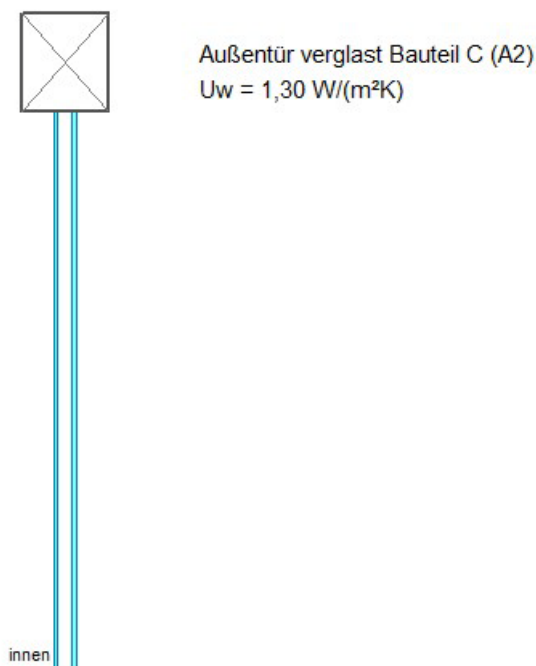
$U_w = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird mit zwei wertgebenden Ziffern für die weiteren Berechnungen angenommen

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Außentür verglast Bauteil C (A2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\AußentürverglastBauteilC.DWB



Bauteiltyp "Außentür verglast" (20)

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

Fenster

Verglasung $U_g=0.7$, $g=50\%$, $t_{p65} = 0,50$

Rahmen aus Profilen $U_f 2.0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 1,30 (1,3) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, typischer Randverbund, 30%

Rahmenanteil, Tab. H.1

mit $U_g = 0,70$ und $U_f = 2,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_w = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird mit zwei wertgebenden Ziffern für die weiteren Berechnungen angenommen

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: U_{max} -Wert bei Hauseingangstüren, Außentüren beheizter Räume

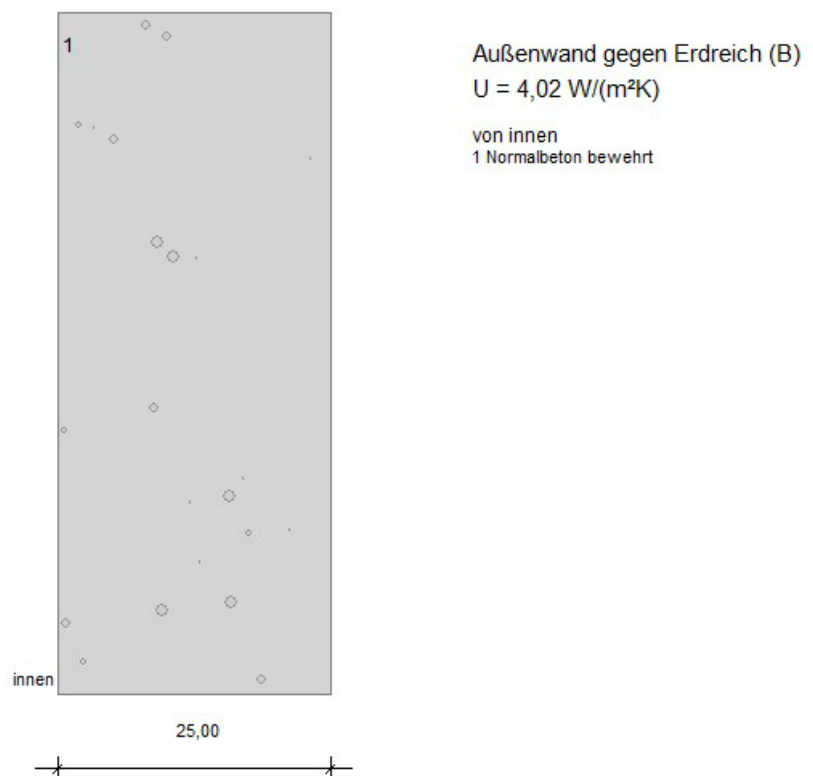
$U \quad 1,30 \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Außenwand gegen Erdreich (B)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\AußenwandgegenErdreich.DWB



Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" (5)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W / (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Normalbeton bewehrt	25,00	2400	600,0	2,100	0,119
R_{se}					0,000
<hr/>					
d =	25,00	G =	600,0	$R_T =$	0,25

Wärmedurchgangskoeffizient

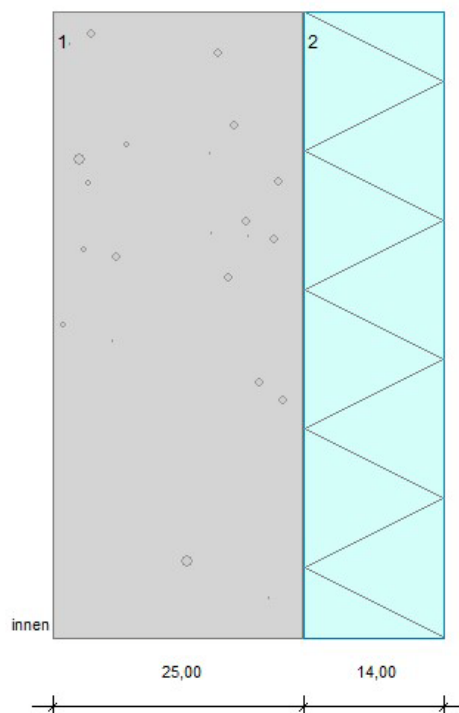
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 4,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Außenwand UG Bauteil C (C)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\AußenwandUG.DWB



Außenwand UG Bauteil C (C)

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

von innen

1 Normalbeton bewehrt

2 Dämmung

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Normalbeton bewehrt	25,00	2400	600,0	2,100	0,119
02 Dämmung	14,00	30	4,2	0,036	3,889
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 39,00	G =	604,2	$R_T =$	4,18

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,239 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Wänden zum Erdreich / zu unbeheizten Räumen

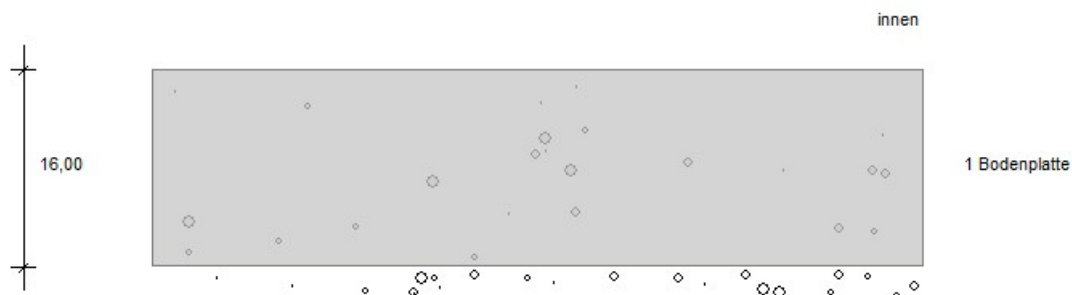
$U \quad 0,24 \leq 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Bodenplatte massiv 1969-78 (D)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Bodenplatte massiv1969-78.DWB



Bodenplatte massiv 1969-78 (D)

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

Die energetischen Kennwerte wurden gemäß der Baualtersklasse 1969 bis 1978 der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung angesetzt.

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Bodenplatte	16,00	2400	384,0	–	0,663
R_{se}					0,000
<hr/>					
	d = 16,00	G =	384,0	$R_T =$	0,83

Wärmedurchgangskoeffizient

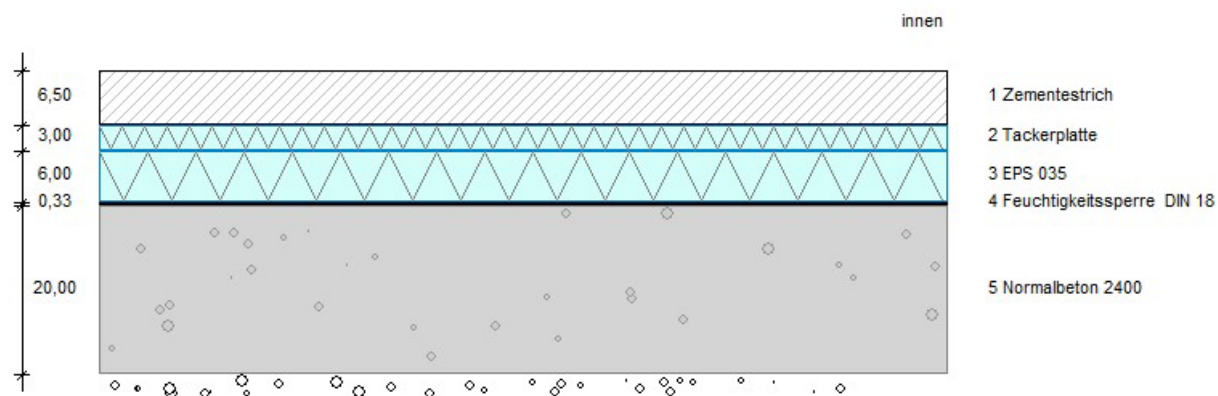
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Bodenplatte-Estrich (E)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Bodenplatte-Estrich.DWB



Bodenplatte-Estrich (E)

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

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdbreich" (9)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	6,50	2000	130,0	1,400	0,046
02 Tackerplatte	3,00	20	0,6	0,035	0,857
03 EPS 035	6,00	20	1,2	0,035	1,714
04 Feuchtigkeitssperre DIN 18195-4	0,33	-	0,4	-	-
05 Normalbeton 2400	20,00	2400	480,0	2,100	0,095
R_{se}					0,000
d =	35,83	G =	612,2	$R_T =$	2,88

Wärmedurchgangskoeffizient

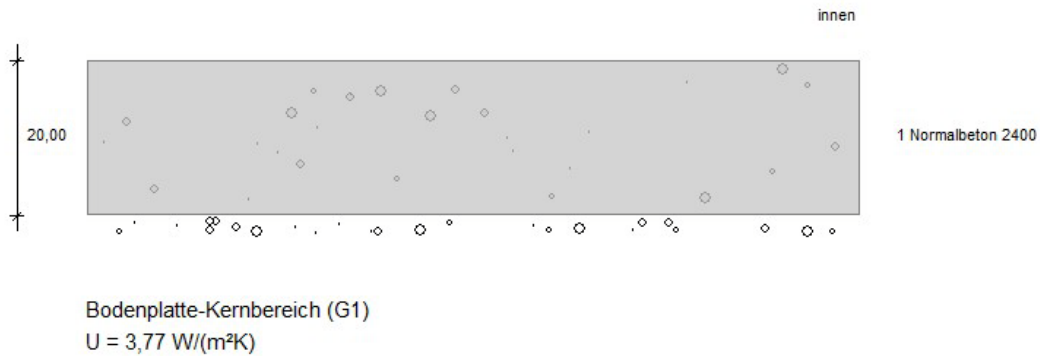
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,347 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Bodenplatte-Kernbereich (G1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Bodenplatte-Kernbereich.DWB



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Normalbeton 2400	20,00	2400	480,0	2,100	0,095
R_{se}					0,000
<hr/>					
	d = 20,00	G =	480,0	$R_T =$	0,27

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 3,770 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Wärmetransfer über das Erdreich (EN ISO 13370:2018)

Bodenplatte auf Erdreich (2)

- ⇒ anstehendes Erdreich Sand oder Kies, $\lambda_g = 2,00 \text{ W/(mK)}$
- ⇒ Bodenplatte mit $A = 2632,0 \text{ m}^2$, $P = 181,4 \text{ m}$, Bodenplattenmaß $B' = 29,02 \text{ m}$
Durchgangswiderstand $R_{f,sog} = 0,27 \text{ m}^2\text{K/W}$
- ⇒ aufgehende Wand, Wanddicke $d_{w,e} = 0,36 \text{ m}$
waagerechte Randdämmung, Breite $D = 5,00 \text{ m}$, Dicke $d = 0,06 \text{ m}$, $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$;

wirksame Gesamtdicke (Bpl + Erdreich) d_f	0,890 m (Gl.3)
effektiver Wärmedurchgangskoeffizient der Bodenplatte $U_{fg,sog}$	0,202 W/(m ² K) (Gl. 4/5)
psi-Wert der waagerechten Randdämmung $\psi_{g,ed}$	-0,709 W/(mK) (Gl. D.5)
Wärmedurchgangskoeffizient mit Randdämmung $U_{fg,sog}'$	0,153 W/(m ² K) (Gl. D.4)

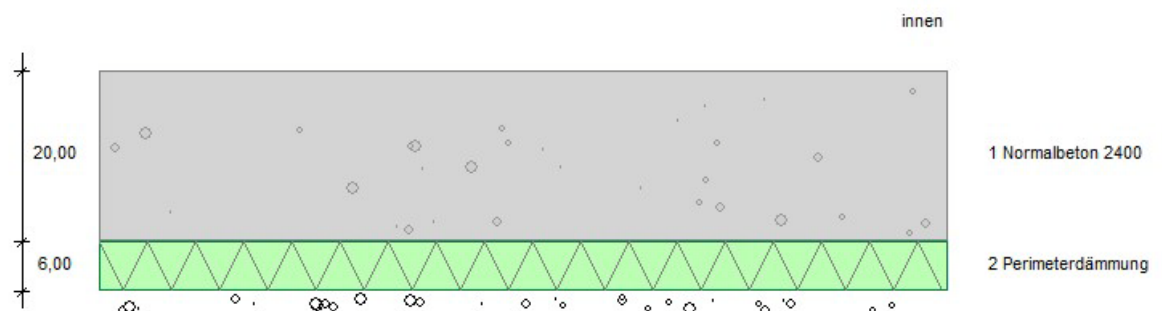
stationäre Wärmeübertragung über das Erdreich $H_g = A * U_{fg,sog} + P * \psi_g = 402,1 \text{ W/K}$ (Gl.1)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Bodenplatte-Randbereich (G2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Bodenplatte-Randbereich.DWB



Bodenplatte-Randbereich (G2)

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

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Normalbeton 2400	20,00	2400	480,0	2,100	0,095
02 Perimeterdämmung	6,00	32	3,8	0,035	1,714
R_{se}					0,000
<hr/>					
	d = 26,00	G =	483,8	$R_T =$	1,98

Wärmedurchgangskoeffizient

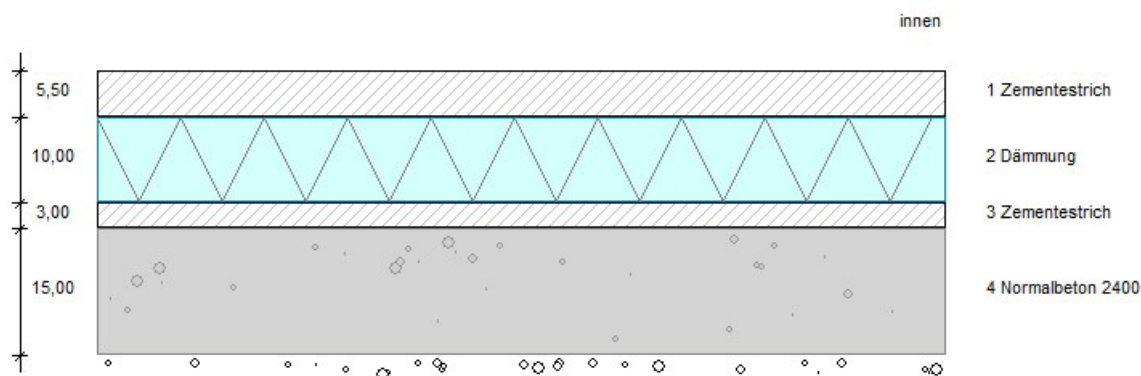
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,505 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Bodenplatte Halle A Bestand (F1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\BodenplatteHalleABestand.DWB



Bodenplatte Halle A Bestand (F1)

$U = 0,22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	5,50	2000	110,0	1,400	0,039
02 Dämmung	10,00	20	2,0	0,023	4,348
03 Zementestrich	3,00	2000	60,0	1,400	0,021
04 Normalbeton 2400	15,00	2400	360,0	2,100	0,071
R_{se}					0,000
d =	33,50	G =	532,0	$R_T =$	4,65

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,215 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

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

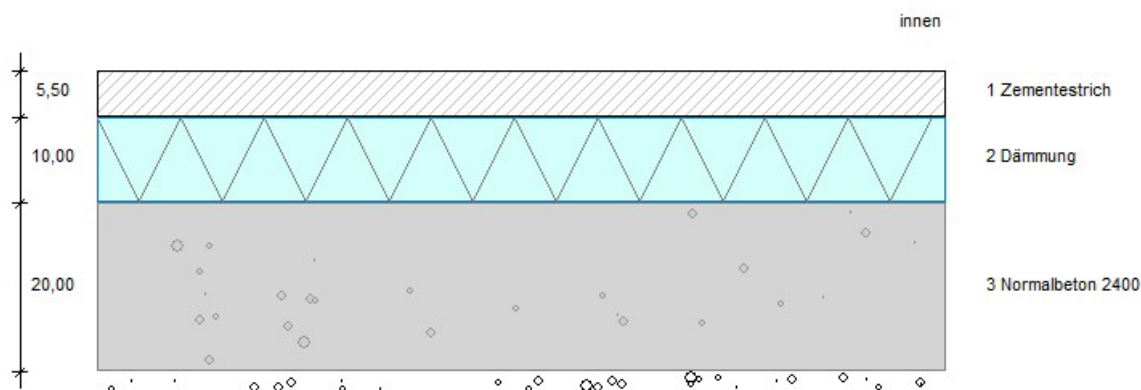
$U \quad 0,22 \leq 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ OK

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Bodenplatte Halle A neu (F2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\BodenplatteHalleAneu.DWB



Bodenplatte Halle A neu (F2)

$U = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	γ kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	5,50	2000	110,0	1,400	0,039
02 Dämmung	10,00	20	2,0	0,023	4,348
03 Normalbeton 2400	20,00	2400	480,0	2,100	0,095
R_{se}					0,000
<hr/>					
d =	35,50	G =	592,0	$R_T =$	4,65

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,215 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

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

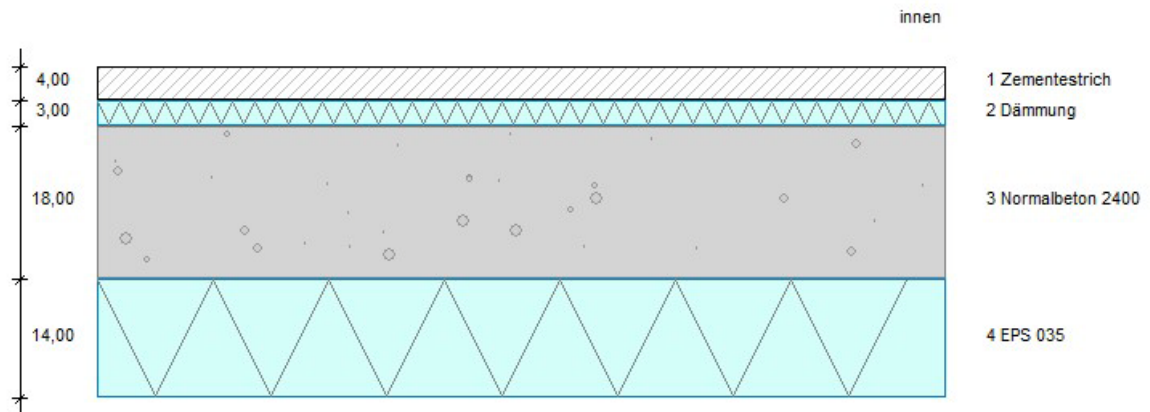
U $0,21 \leq 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ OK

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Decke nach unten gegen Außenluft (H)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Deckenachunten.DWB



Decke nach unten gegen Außenluft (H)

$U = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	4,00	2000	80,0	1,400	0,029
02 Dämmung	3,00	20	0,6	0,035	0,857
03 Normalbeton 2400	18,00	2400	432,0	2,100	0,086
04 EPS 035	14,00	20	2,8	0,035	4,000
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	39,00	G =	515,4	$R_T =$	5,18

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,193 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: U_{\max} -Wert bei Wärmedämmung von Geschossdecken nach unten gegen Außenluft

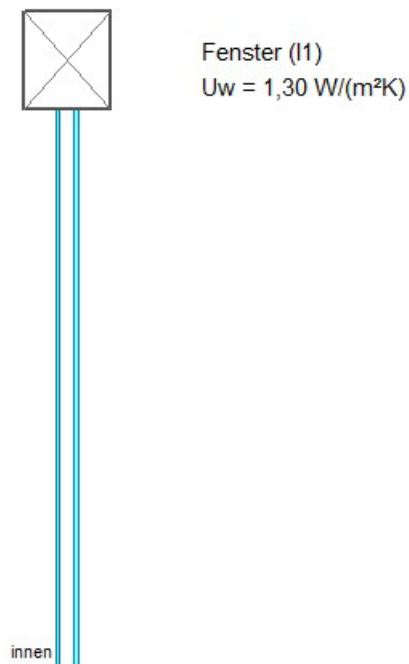
$U \quad 0,19 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Fenster (I1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Fenster.DWB



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Verglasung $U_g = 1,1$, $g = 40\%$, $t_{D65} = 0,71$

Rahmen aus Profilen $U_f = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 1,30 \text{ (1,3) W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 20% Rahmenanteil, Tab. F.4
(verbesserter Randverbund)

mit $U_g = 1,10$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

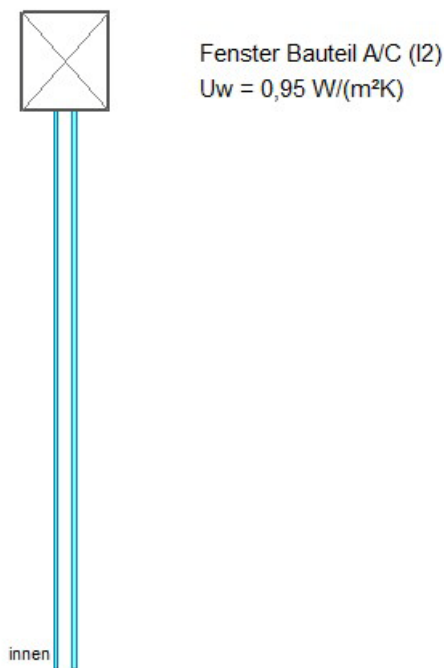
$U_w = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird mit zwei wertgebenden Ziffern für die weiteren Berechnungen angenommen

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Fenster Bauteil A/C (I2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\FensterHalleA.DWB



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Verglasung $U_g=0,7, g=31\%, t_{D65} = 0,50$

Rahmen aus Profilen $U_f 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 0,95 (1,0) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3
(verbesserter Randverbund)

mit $U_g = 0,70$ und $U_f = 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_w = 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

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

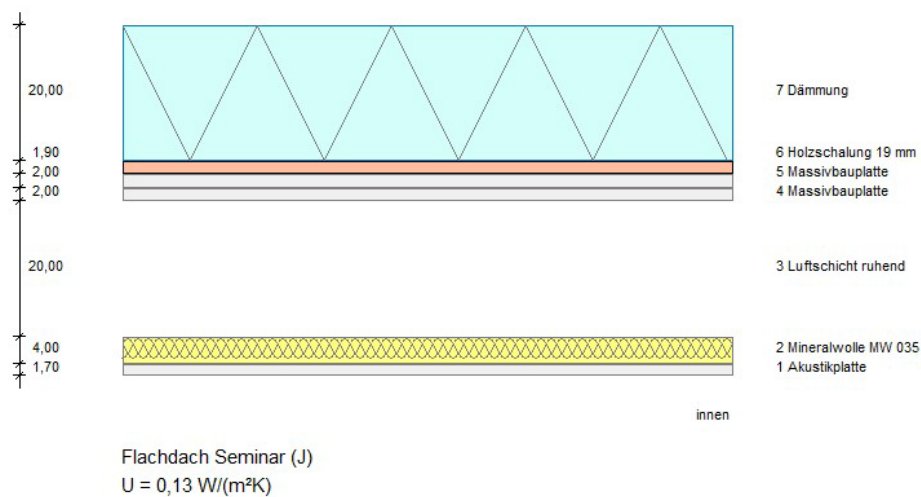
$U \quad 0,95 \leq 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Flachdach Seminar (J)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\FlachdachSeminar.DWB



Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04$ m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,100
01 Akustikplatte	1,70	800	13,6	0,250	0,068
02 Mineralwolle MW 035	4,00	20	0,8	0,035	1,143
03 Luftschicht ruhend	20,00	1	0,0	1,250	0,160
04 Massivbauplatte	2,00	800	16,0	0,230	0,087
05 Massivbauplatte	2,00	800	16,0	0,230	0,087
06 Holzschalung 19 mm	1,90	600	11,4	0,130	0,146
07 Dämmung	20,00	30	6,0	0,035	5,714
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 51,60	G =	63,8	$R_T =$	7,55

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,133$ W/(m²K)

0,000 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht mit Stufenfalz

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,133$ W/(m²K) (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: U_{max} -Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

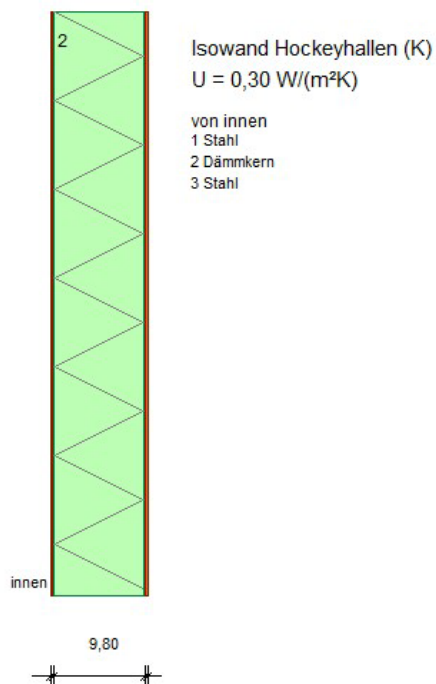
U $0,13 \leq 0,14$ W/(m²K) OK

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Isowand Hockeyhallen (K)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Isowand.DWB



Bauteiltabelle nur zur Gestaltung

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Stahl	0,10	-	-	50,000	0,000
02 Dämmkern	9,80	-	12,9	-	3,160
03 Stahl	0,10	-	-	50,000	0,000
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	10,00	G =	12,9	$R_T =$	3,33

Wärmedurchgangskoeffizient

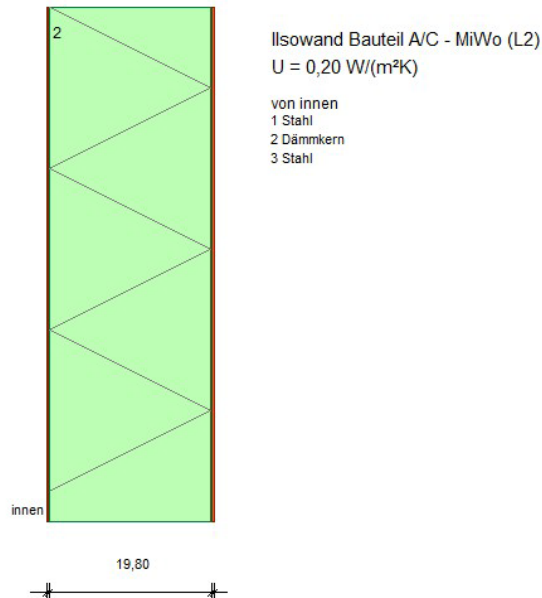
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,300 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Isowand Bauteil A/C - MiWo (L2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\IsowandHalleA-MiWo.DWB



Bauteiltabelle nur zur Gestaltung

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Stahl	0,10	-	-	50,000	0,000
02 Dämmkern	19,80	-	12,9	-	4,830
03 Stahl	0,10	-	-	50,000	0,000
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 20,00	G =	12,9	$R_T =$	5,00

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

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

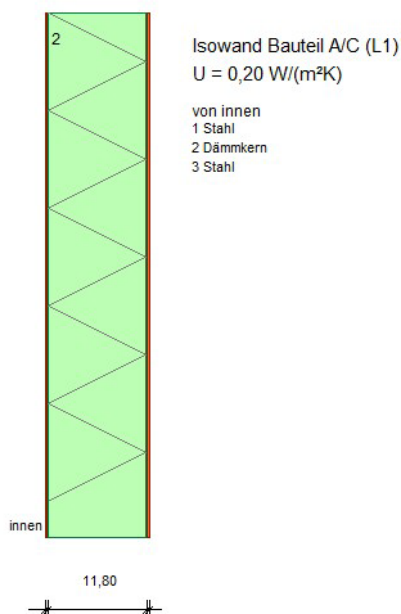
$U \quad 0,20 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Isowand Bauteil A/C (L1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\IsowandHalleA.DWB



Bauteiltabelle nur zur Gestaltung

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Stahl	0,10	-	-	50,000	0,000
02 Dämmkern	11,80	-	12,9	-	4,830
03 Stahl	0,10	-	-	50,000	0,000
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 12,00	G =	12,9	$R_T =$	5,00

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

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

U 0,20 ≤ 0,20 W/(m²K) OK

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Lichtkuppel mit Aufsatzkranz (M1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Lichtkuppel.DWB



Lichtkuppel mit Aufsatzkranz (M1)

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

Bauteiltyp "Lichtkuppel PMMA, dreischalig opal/opal/klar" (28)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
g-Wert = 50 %, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 60 \%$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 2,000 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)
(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 50\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,60$)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Lichtkuppel mit Aufsatzkranz Bauteil A (M2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\LichtkuppelHalleA.DWB



Lichtkuppel mit Aufsatzkranz Bauteil A (M2)

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

Bauteiltyp "Lichtkuppel PMMA, dreischalig opal/opal/klar" (28)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
g-Wert = 60 %, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 60 \%$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,500 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)
(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 60\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,60$)

Mindestanforderungen nach BEG 2024, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: Umax-Wert bei Erneuerung von Lichtbändern und Lichtkuppeln

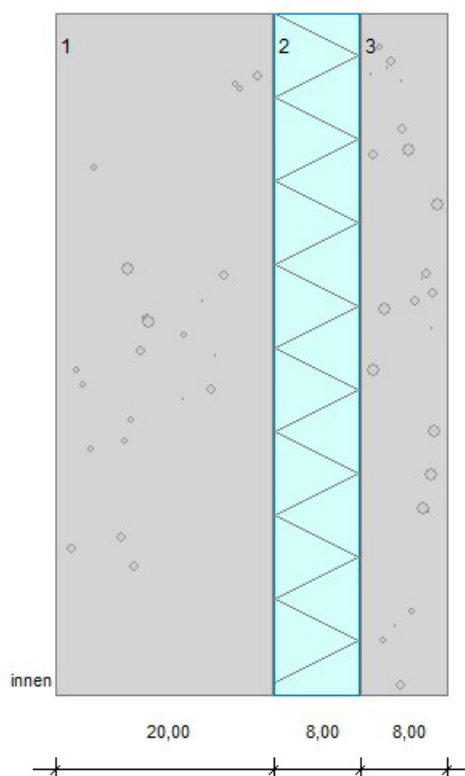
$U \quad 1,50 \leq 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Sockel Sandwichselement (N2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Sockel-Sandwichselement.DWB



Sockel Sandwichselement (N2)

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

von innen

1 Normalbeton bewehrt DIN 1045

2 EPS 035, II

3 Normalbeton bewehrt DIN 1045

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Normalbeton bewehrt DIN 1045	20,00	2400	480,0	2,100	0,095
02 EPS 035, II	8,00	30	2,4	0,035	2,286
03 Normalbeton bewehrt DIN 1045	8,00	2400	192,0	2,100	0,038
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	36,00	G =	674,4	$R_T =$	2,59

Wärmedurchgangskoeffizient

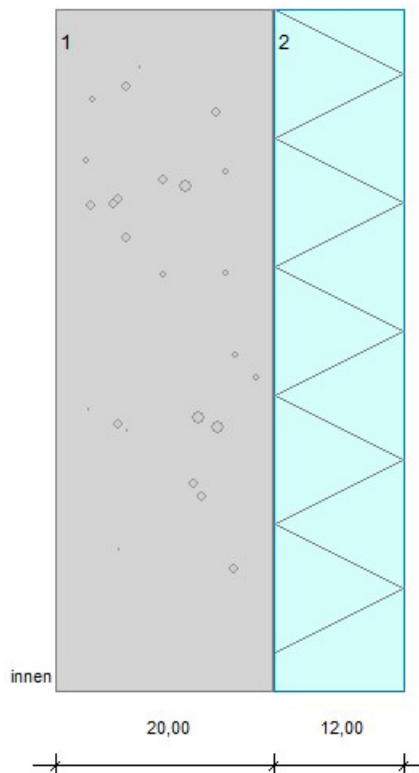
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,386 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Sockel (N1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Sockel.DWB



Sockel (N1)

$U = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen

1 Normalbeton bewehrt DIN 1045

2 Dämmung

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Normalbeton bewehrt DIN 1045	20,00	2400	480,0	2,100	0,095
02 Dämmung	12,00	30	3,6	0,036	3,333
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	32,00	G =	483,6	$R_T =$	3,60

Wärmedurchgangskoeffizient

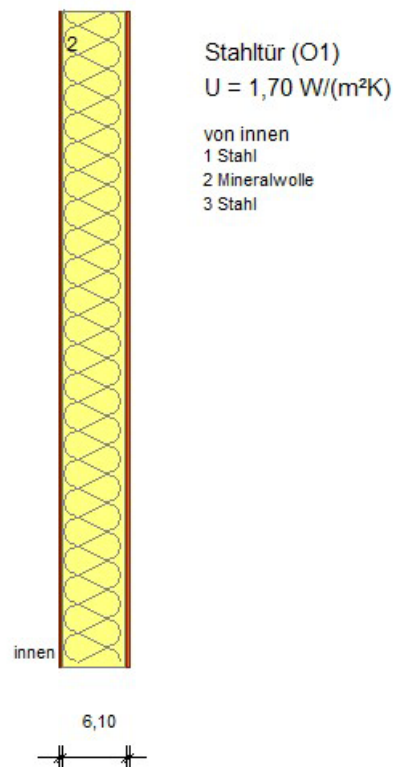
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,278 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Stahltür (O1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Stahltür.DWB



Bauteiltyp "Außentür" (3)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

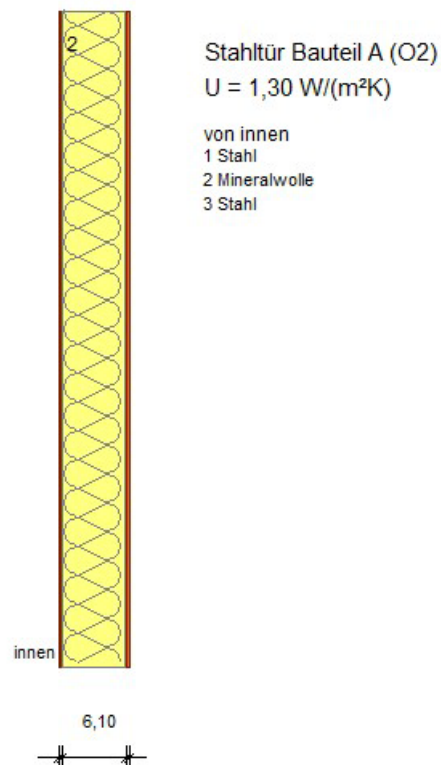
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,700 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Stahltür Bauteil A (O2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\StahltürHalleA.DWB



Bauteiltyp "Außentür" (3)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,300 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

Anforderung: U_{\max} -Wert bei Hauseingangstüren, Außentüren beheizter Räume

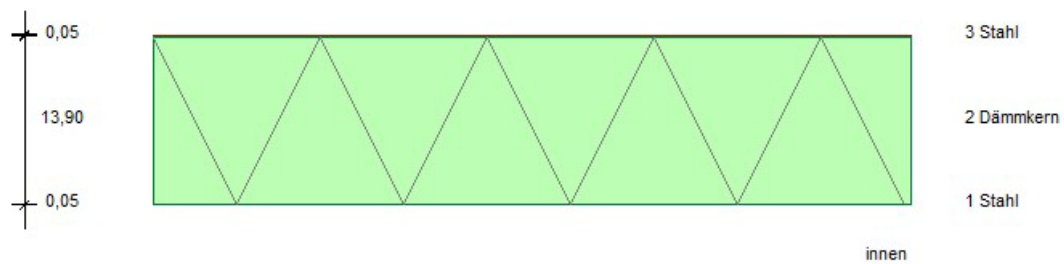
$U \quad 1,30 \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ OK

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Thermodach Bauteil A/C - MiWo (P2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\ThermodachHalleA-MiWo.DWB



Thermodach Bauteil A/C - MiWo (P2)

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

Bauteiltabelle nur zur Gestaltung

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Stahl	0,05	-	-	50,000	0,000
02 Dämmkern	13,90	-	13,7	-	3,190
03 Stahl	0,05	-	-	50,000	0,000
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 14,00	G =	13,7	$R_T =$	3,33

Wärmedurchgangskoeffizient

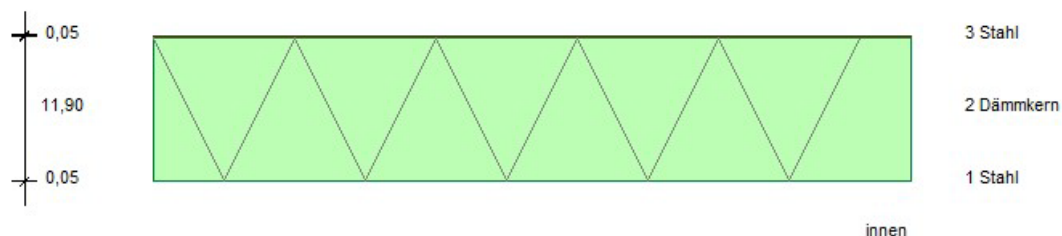
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,300 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Thermodach Bauteil A/C (P1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\ThermodachHalleA.DWB



Thermodach Bauteil A/C (P1)

$U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltabelle nur zur Gestaltung

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Stahl	0,05	-	-	50,000	0,000
02 Dämmkern	11,90	-	13,7	-	7,003
03 Stahl	0,05	-	-	50,000	0,000
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 12,00	G =	13,7	$R_T =$	7,14

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden

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

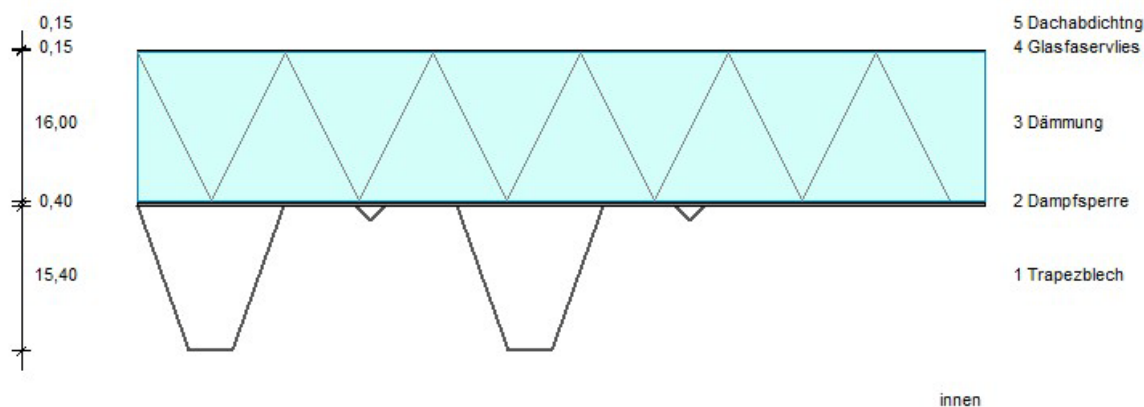
$U \quad 0,14 \leq 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Trapezblechdach Bauteil B (Q1)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\Trapezblechdach.DWB



Trapezblechdach Bauteil B (Q1)

$U = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Trapezblech	15,40	–	17,0	–	–
02 Dampfsperre	0,40	1200	4,8	–	–
03 Dämmung	16,00	30	4,8	0,035	4,571
04 Glasfaservlies	0,15	1150	1,7	–	–
05 Dachabdichtng	0,15	1000	1,5	–	–
R_{se}					0,040
d =	32,10	G =	29,8	$R_T =$	4,74

Wärmedurchgangskoeffizient

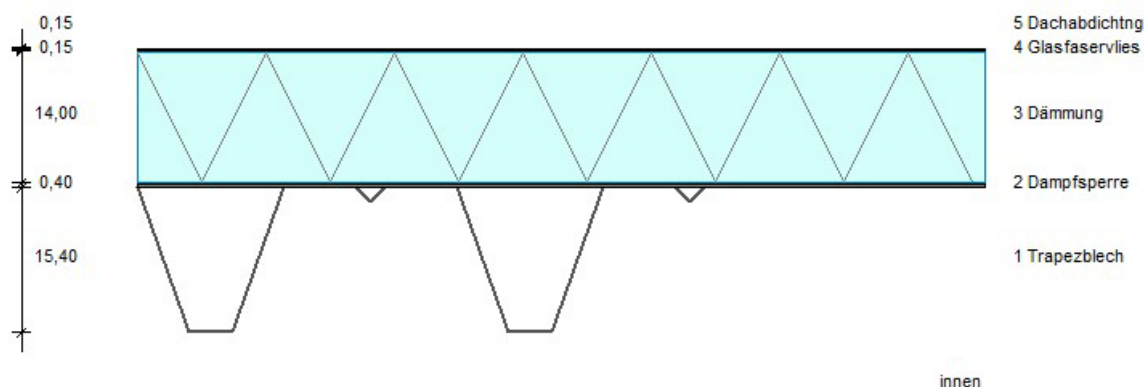
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,211 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 5451-Uhlenhorstweg

Bauteil: Trapezblechdach Hockeyhallen (Q2)

F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\TrapezblechdachHockeyhallen.DWB



Trapezblechdach Hockeyhallen (Q2)
 $U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Trapezblech	15,40	-	17,0	-	-
02 Dampfsperre	0,40	1200	4,8	-	-
03 Dämmung	14,00	30	4,2	0,040	3,500
04 Glasfaservlies	0,15	1150	1,7	-	-
05 Dachabdichtng	0,15	1000	1,5	-	-
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	30,10	G =	29,2	$R_T =$	3,67

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,272 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: 5451-Uhlenhorstweg

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 "5451-Gebäude"

Dateipfad F:\DW-2023\5451-Uhlenhorstweg\5451-Gebäude.dwe

Nachweisverfahren

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des

Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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: 5451-Gebäude-Referenz2020.dwe

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

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
<1> Hockeyhalle 2	231 Turnhalle (o	250	18,4	15,6	1079	6777
<2> Hockeyhalle 1	231 Turnhalle (o	250	18,4	15,6	1196	7511
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	223 Zuschauerber	250	19,1	17,2	256	1549
<4> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,0	17,2	240	741
<5> Sanitärbereich neu	216 WC und Sanit	250	19,9	17,3	196	489
<6> Fitness	235 Fitnessraum	365	19,3		442	1717
<7> Tennishalle	231 Turnhalle (o	250	18,4	15,6	1854	14180
<8> Seminar	204 Besprechung,	250	19,9	17,2	329	967
<9> Technik	220 Lager, Techn	250	19,9	17,2	62	139
<10> Sanitärbereich Bestand	216 WC und Sanit	250	19,9	17,2	47	109
					5.701	34.178

Gebäude, $A_{NGF} = 5700,7 \text{ m}^2$ (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 Nachtabsenkung

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

1.1 Nutzungsrandbedingungen (DIN V 18599-10)

Zonen		<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>
1	tnutz h/d	15	15	4	11	11	15
2	tnutzda d/a	250	250	250	250	250	365
3	dop d/a	250	250	250	250	250	365
4	theiz h/d	17	17	6	13	13	17
5	TisollH °C	19	19	21	21	21	20
6	dTiNA °K	4	4	4	4	4	4
7	Heizbetrieb	1	1	1	1	1	1
8	TiminH °C	20	20	20	20	20	18
9	tVmech h/d	0	0	6/0	/0	13/0	17
10	VA m³/(hm²)	3/0	3/0	40/0	0	15/0	12
11	Feuchteanf	1	1	2	1	1	2
12	tcopd h	17/0	17/0	6/0	13/0	13/0	17
13	TisollC °C	24	24	24	24	24	24
14	TimaxC °C	26	26	26	26	26	26
15	vonh h	8	8	19	7	7	8
16	bish h	23	23	23	18	18	23
17	tnutzhat h/a	2509	2509	59	2543	2543	3663
18	tnutzhan h/a	1241	1241	941	207	207	1812
19	Em lx	300	300	200	100	200	300
20	hNe m	1	1	0,8	0,2	0,8	0
21	kA	1	1	0,97	1	1	1
22	CAm	0,3	0,3	0	0,8	0,9	0
23	Raumindex	2	2	4	0,8	0,8	2
24	Ftn	1	1	1	1	1	1
25	qip Wh/(m²d)	63/0	63/0	187/0	0	0	264
26	qifac Wh/(m²d)	0	0	0	0	0	24
27	ABI m²	1079,18	1196,00	256,00	240,00	195,63	442,41
28	mStt kg/h						
29	cStt Wh/(kgK)						
30	Tin °C						
31	Tout °C						
32	Cwirk Wh/(m²K)	50	50	50	50	50	50
Zonen		<07>	<08>	<09>	<10>		
1	tnutz h/d	15	11	11	11		
2	tnutzda d/a	250	250	250	250		
3	dop d/a	250	250	250	250		
4	theiz h/d	17	13	13	13		
5	TisollH °C	19	21	21	21		
6	dTiNA °K	4	4	4	4		
7	Heizbetrieb	1	1	1	1		
8	TiminH °C	20	20	20	20		
9	tVmech h/d	17/0	0	/0	0		
10	VA m³/(hm²)	3/0	15/0	0,15/0	15/0		
11	Feuchteanf	1	2	1	1		
12	tcopd h	17/0	13/0	13/0	13/0		
13	TisollC °C	24	24	24	24		
14	TimaxC °C	26	26	26	26		
15	vonh h	8	7	7	7		
16	bish h	23	18	18	18		
17	tnutzhat h/a	2509	2543	2543	2543		
18	tnutzhan h/a	1241	207	207	207		
19	Em lx	300	500	100	200		
20	hNe m	1	0,8	0,8	0,8		
21	kA	1	0,93	1	1		
22	CAm	0,3	0,5	0,98	0,9		
23	Raumindex	2	1,25	1,5	0,8		
24	Ftn	1	1	1	1		
25	qip Wh/(m²d)	63/0	93/0	0	0		
26	qifac Wh/(m²d)	0	8/0	0	0		
27	ABI m²	1854,01	328,71	61,89	46,90		
28	mStt kg/h						
29	cStt Wh/(kgK)						
30	Tin °C						

31 Tout	°C				
32 Cwirk	Wh/(m²K)	50	50	50	50

mit den Parametern ...

1 tnutz	Nutzungsstunden pro Tag
2 tnutzda	Nutzungstage jährlich
3 dop	Betriebstage Heizung / RLT
4 theiz	tägliche Betriebsstunden Heizung
5 TiSollH	Ti,Soll Heizung
6 dTiNA	dT Nachtabsenkung
7 Heizbetrieb	Kennziffer Heizbetrieb , 0-ohne Absenkung, 1-REF, 2-Abschaltung
8 TiminH	Ti,Auslegung Heizg
9 tVmech	tägliche Betriebsstunden RLT
10 VA	Mindestaußenluftvolumenstrom
11 Feuchteanf	Feuchteanforderung RLT , 1-keine, 2-mit Toleranz, 3-ohne Toleranz
12 tcopd	tägliche Betriebsstunden Kühlung
13 TiSollC	Ti,Soll Kühlung
14 TimaxC	Ti,Auslegung Kühlung
15 vonh	Nutzung von Tagesstunde (für Kunstlichtversorgung)
16 bish	Nutzung bis Tagesstunde
17 tnutzhat	Nutzungsstunden zur Tagzeit
18 tnutzhan	Nutzungsstunden zur Nachtzeit
19 Em	nötige Beleuchtungsstärke (im Einzelhandel tatsächliche Beleuchtungsstärke)
20 hNe	Höhe der Nutzebene
21 kA	Minderungsfaktor Sehaufgabe Nutzungsrandbedingung
22 CA _m	relative Abwesenheit
23 Raumindex	Raumindex für kR-Ermittlung (Anpassungsfaktor Raum)
24 F _{tn}	Teilbetriebsfaktor Beleuchtung nutzungsabhängig aus T10
25 q _{ip}	Personenabwärme 2011: EFH 45, MFH 90 (2007: EFH 50, MFH 100)
26 q _{ifac}	Abwärme Arbeitshilfen
27 AB _I	Bezugsfläche für interne Wärmeströme für NWG = ANGF, für WG / KfW = AN = 0,32*Ve
28 mStt	Massenstrom für Stofftransport
29 cStt	Wärmekapazität für Transportstoff Materialeigenschaft
30 T _{in}	Eintrittstemperatur Transportstoff
31 Tout	Austrittstemperatur Transportstoff
32 Cwirk	wirksame Wärmespeicherfähigkeit der Gebäudezone

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

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

Hüllfläche	Zone	A m²	U W/(m²K)	F _x	Anmerkungen	H _T W/K
Hockeyhalle 2						
1 F 0101 FAW Süd	1:0	38,0	0,300 K	1,00 FAW	02 50	11,4
2 F 0101a FAW Süd	1:0	44,4	0,386 N2	1,00 FAW	02 50	17,1
3 F 0102 FAW Süd	1:0	77,6	0,300 K	1,00 FAW	02 50	23,3
4 F 0103 FAW Ost	1:0	151,2	0,300 K	1,00 FAW	02 50	45,4
5 F 0104 FAW Ost	1:0	120,0	0,300 K	1,00 FAW	02 50	36,0
6 F 0107 FAW West	1:0	271,0	0,300 K	1,00 FAW	02 50	81,3
7 T 0102 FAW Süd , Tür	1:0	4,8	1,700 O1	1,00 FAW	02 50 85	8,1
8 T 0103 FAW Ost , Tür	1:0	4,5	1,700 O1	1,00 FAW	02 50 85	7,7
9 T 0107 FAW West , Tü	1:0	4,8	1,700 O1	1,00 FAW	02 50 85	8,1
10 F 0100 FG	1:0	1116,0	3,770 G1	L _S	18 50 31	170,5
Deckflächen Hockeyhalle						
11 F 0202 FD Ost 4°	1:0	557,1	0,272 Q2	1,00 F _D	02 50	151,5
12 F 0203 FD West 4°	1:0	555,1	0,272 Q2	1,00 F _D	02 50	151,0
13 A 0202 DFF 4° Ost 4°	1:0	2,0	2,000 M1	1,00 F _F	72 50 02	4,0
14 A 0203 DFF 4° West 4	1:0	4,0	2,000 M1	1,00 F _F	72 50 02	8,0
Hockeyhalle 1						
15 F 0301 FAW Süd	2:0	44,7	0,300 K	1,00 FAW	02 50	13,4
16 F 0308 FAW Nord	2:0	62,7	0,300 K	1,00 FAW	02 50	18,8
17 F 0309 FAW Nord	2:0	105,6	0,300 K	1,00 FAW	02 50	31,7

18 F 0310 FAW West	2:0	243,6	0,300 K	1,00 FAW	02 50	73,1
19 F 0310a FAW West	2:0	36,8	0,386 N2	1,00 FAW	02 50	14,2
20 T 0301 FAW Süd , Tür	2:0	4,8	1,700 O1	1,00 FAW	02 50 85	8,1
21 T 0308 FAW Nord , Tü	2:0	4,8	1,700 O1	1,00 FAW	02 50 85	8,1
22 T 0309 FAW Nord , Tü	2:0	4,8	1,700 O1	1,00 FAW	02 50 85	8,1
23 F 0300 FG	2:0	1222,5	3,770 G1	LS	18 50 31	186,8
Deckflächen Hockeyhalle						
24 F 0402 FD Ost 3°	2:0	460,5	0,272 Q2	1,00 FD	02 50	125,3
25 F 0403 FD West 3°	2:0	755,2	0,272 Q2	1,00 FD	02 50	205,4
26 A 0402 DFF 3° Ost 3°	2:0	4,0	2,000 M1	1,00 FF	72 50 02	8,0
27 A 0403 DFF 3° West 3	2:0	4,0	2,000 M1	1,00 FF	72 50 02	8,0
Tribüne Hockeyhalle 1						
28 F 0505 FD	3:0	262,0	0,272 Q2	1,00 FD	02 50	71,3
29 F 0502 FAW Ost	3:0	24,8	0,300 K	1,00 FAW	02 50	7,4
30 F 0503 FAW Nord	3:0	39,5	0,300 K	1,00 FAW	02 50	11,8
31 F 0503a FAW Nord	3:0	3,4	0,386 N2	1,00 FAW	02 50	1,3
32 F 0500 FG	3:0	261,8	3,770 G1	LS	18 50 31	40,0
Erschließung						
33 F 0605 FD	4:0	31,8	0,272 Q2	1,00 FD	02 50	8,6
34 F 0602 FAW Ost	4:0	12,7	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	2,5
35 F 0600 FG	4:0	31,7	3,770 G1	LS	18 50 31	4,8
Sanitärbereich neu						
36 F 0719 FD	5:0	230,0	0,211 Q1	1,00 FD	02 50	48,5
37 F 0718 FAW Süd	5:0	43,2	0,300 K	1,00 FAW	02 50	13,0
38 F 0700 FG	5:0	230,0	0,347 E	0,45 Ffb	18 50 19 26	35,9
Flur-a						
39 F 0819 FD	4:0	65,6	0,211 Q1	1,00 FD	02 50	13,8
40 A 0819 DFF 0°	4:0	3,3	2,000 M1	1,00 FF	72 50 02	6,6
41 F 0801 FAW Süd	4:0	2,3	0,300 K	1,00 FAW	02 50	0,7
42 T 0801 FAW Süd , Tür	4:0	2,7	1,500 A1	1,00 FAW	02 50 85	4,1
43 F 0800 FG	4:0	68,9	0,347 E	0,45 Ffb	50 19 26 14	10,8
Flur-b						
44 F 0917 FD	4:0	142,1	0,211 Q1	1,00 FD	02 50	30,0
45 W 0917 DFF 0°	4:0	3,3	2,000 M1	1,00 FF	72 50 02	6,6
46 F 0912 FAW Süd	4:0	10,2	0,300 K	1,00 FAW	02 50	3,0
48 F 0916 FAW Süd	4:0	2,3	0,300 K	1,00 FAW	02 50	0,7
49 A 0912 FF Süd	4:0	18,3	1,300 I1	1,00 FF	50 02	23,8
50 A 0913 FF Ost	4:0	13,9	1,300 I1	1,00 FF	50 02	18,1
51 T 0913 FAW Ost , Tür	4:0	9,7	1,500 A1	1,00 FAW	02 50 85	14,5
52 T 0916 FAW Süd , Tür	4:0	2,7	1,500 A1	1,00 FAW	02 50 85	4,1
53 F 0900 FG	4:0	145,4	0,347 E	0,45 Ffb	50 19 26 14	22,7
Fitness						
54 F 1014 FD	6:0	461,5	0,211 Q1	1,00 FD	02 50	97,4
55 W 1014 DFF 0°	6:0	13,3	2,000 M1	1,00 FF	72 50 02	26,5
56 F 1001 FAW Süd	6:0	38,3	0,300 K	1,00 FAW	02 50	11,5
57 F 1001a FAW Süd	6:0	27,8	0,278 N1	1,00 FAW	02 50	7,7
58 F 1002 FAW Ost	6:0	58,3	0,300 K	1,00 FAW	02 50	17,5
59 A 1001 FF Süd	6:0	21,3	1,300 I1	1,00 FF	50 02	27,6
60 A 1002 FF Ost	6:0	28,9	1,300 I1	1,00 FF	50 02	37,6
61 F 1000 FG	6:0	474,7	0,347 E	0,45 Ffb	18 50 19 26	74,1
Tennishalle neu						
62 F 1101 FAW Süd	7:0	27,5	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	5,5
63 F 1102 FAW Süd	7:0	126,2	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	25,2
64 F 1103 FAW Ost	7:0	37,9	0,200 L2	1,00 FAW	02 50	7,6
65 A 1103 FF Ost	7:0	6,8	1,300 I1	1,00 FF	50 02	8,9
66 F 1100 FG	7:0	239,0	0,215 F2	0,60 Ffb	27 18 50 19	30,8
Deckflächen Tennishalle						
67 F 1202 FD Ost 10°	7:0	89,4	0,300 P2	1,00 FD	02 50	26,8
68 F 1203 FD West 10°	7:0	153,3	0,140 P1	1,00 FD	02 50	21,5
Tennishalle Bestand						
69 F 1304 FAW Nord	7:0	131,1	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	26,2

70 F 1305 FAW West	7:0	153,5	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	30,7
71 F 1305a FAW West	7:0	19,8	0,278 N1	1,00 FAW	02 50	5,5
72 T 1304 FAW Nord , Tü	7:0	4,5	1,300 O2	1,00 FAW	02 50 85	5,9
73 T 1305 FAW West , Tü	7:0	4,5	1,300 O2	1,00 FAW	02 50 85	5,9
74 F 1300 FG	7:0	1689,4	0,215 F1	0,55 FG	27 18 50 14	199,8
Deckflächen Tennishalle						
75 F 1402 FD Ost 10°	7:0	707,8	0,140 P1	1,00 FD	02 50	99,1
76 F 1403 FD West 10°	7:0	1002,3	0,140 P1	1,00 FD	02 50	140,3
77 A 1402 DFF 10° Ost 1	7:0	3,0	1,500 M2	1,00 FF	72 50 02	4,5
78 A 1403 DFF 10° West	7:0	4,5	1,500 M2	1,00 FF	72 50 02	6,8
Seminar 2						
79 F 1505 FD	8:0	182,1	0,140 P1	1,00 FD	02 50	25,5
80 F 1502 FAW Ost	8:0	90,6	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	18,1
81 F 1502a FAW Ost	8:0	9,5	0,278 N1	1,00 FAW	02 50	2,6
82 F 1503 FAW Nord	8:0	45,4	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	9,1
83 A 1502 FF Ost	8:0	31,3	0,950 I2	1,00 FF	50 02	29,7
84 F 1500 FG	8:0	179,1	1,200 D	0,35 Ffb	18 50 19 27	75,2
Seminar 1						
85 F 1606 FD	8:0	128,4	0,140 P1	1,00 FD	02 50	18,0
86 F 1606a FD	8:0	15,6	0,300 P2	1,00 FD	02 50	4,7
87 F 1601 FAW Süd	8:0	32,3	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	6,5
88 F 1602 FAW Ost	8:0	14,3	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	2,9
89 F 1603 FAW Ost	8:0	3,9	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	0,8
90 T 1601 FAW Süd , Tür	8:0	4,8	1,300 A2	1,00 FAW	02 50 85	6,2
91 T 1603 FAW Ost , Tür	8:0	9,1	1,300 A2	1,00 FAW	02 50 85	11,8
Seminar 1a						
92 F 1700 FD	8:0	24,1	0,193 H	1,00 Fe	02 50 82	4,7
93 F 1705 FD	8:0	24,1	0,133 J	1,00 FD	02 50	3,2
94 F 1701 FAW Süd	8:0	5,1	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	1,0
95 F 1702 FAW Ost	8:0	36,9	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	7,4
96 F 1703 FAW Nord	8:0	5,1	0,200 L1	1,00 FAW	02 50	1,0
97 A 1702 FF Ost	8:0	18,1	0,950 I2	1,00 FF	50 02	17,2
Technikbereich UG						
98 F 1801 FAW Süd	9:0	5,6	0,239 C	1,00 FAW	02 50	1,3
99 w 1801 Fbw	9:0	13,1	4,015 B	0,15 Fwb	50 19 25 13	7,9
100 F 1802 FAW Ost	9:0	1,5	0,239 C	1,00 FAW	02 50	0,3
101 w 1802 Fbw	9:0	16,1	4,015 B	0,15 Fwb	50 19 25 13	9,7
102 A 1802 FF Ost	9:0	5,5	0,950 I2	1,00 FF	50 02	5,2
103 F 1800 FG	9:0	67,9	1,200 D	0,50 Ffb	50 19 28 14	40,7
104 F 1804 Fbw West	9:0	2,1	4,015 B	0,25 Fwb	50 19 28 13	2,1
Sanitärbereich UG						
105 F 1902 FAW Ost	10:0	1,5	0,239 C	1,00 FAW	02 50	0,3
106 w 1902 Fbw	10:0	16,1	4,015 B	0,15 Fwb	50 19 25 13	9,7
107 A 1902 FF Ost	10:0	5,5	0,950 I2	1,00 FF	50 02	5,2
108 F 1900 FG	10:0	67,9	1,200 D	0,50 Ffb	50 19 28 14	40,7
109 F 1903 Fbw Nord	10:0	9,2	4,015 B	0,25 Fwb	50 19 28 13	9,2
110 F 1904 Fbw West	10:0	2,1	4,015 B	0,25 Fwb	50 19 28 13	2,1
<hr/>						
$\Sigma A [m^2] = 14.163,8$			$\Sigma H_T [W/K] = 3.167,7$			

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 2631,98 / 90,69 = 29,02$ m
2. Bodenplattenmaß B' (26) = 27,59 = 27,59 m
3. Bodenplattenmaß B' (27) = 54,66 = 54,66 m
4. Bodenplattenmaß B' (28) = 5,28 = 5,28 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).
- 82 Geschossdecke gegen Außenluft
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.

- 18 Die Fläche der Bodenplatte wird für den U_{max}-Nachweis reduziert (5m-Streifen)
 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.
 31 Der thermische Leitwert L_S für die Bodenplatte auf Erdreich wurde nach EN ISO 13370 gesondert berechnet (sh. Bauteilberechnung).
 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
 72 Lichtkuppel
 85 Begrenzung der U-Werte von Außentüren und Toren in NWG nach KfW-FAQ als Glasdächer, Lichtbänder

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

H_{T,WB} = 1416,4 W/K (44,7 %, 0,100 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	H _{T,D} W/K	H _{T,s} W/K	H _{T,iu} W/K	Σ H _T W/K	H _{T,iz} W/K	H _{T,zi} W/K
<1> Hockeyhalle 2	848	0	170	1018	0	0
<2> Hockeyhalle 1	817	0	187	1004	0	0
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	151	0	40	191	0	0
<4> Verkehrsflächen	194	33	5	232	0	0
<5> Sanitärbereich neu	112	36	0	148	0	0
<6> Fitness	338	74	0	412	0	0
<7> Tennishalle	860	31	200	1091	0	0
<8> Seminar	256	75	0	331	0	0
<9> Technik	18	60	0	78	0	0
<10> Sanitärbereich Besta	16	62	0	77	0	0
	3611	372	602	4584		

H_{T,D} = Σ A_j·U_j + ΔU_{WB} · Σ A = Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken

H_{T,s} = Σ F_x·A_j·U_j = Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ L_S-Wert aus der Bauteilberechnung

H_{T,iu} = Σ F_x·A_j·U_j = Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich

H_{T,iz} = Σ A_j·U_j = Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

H_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x · H_{T,iu} + F_x · H_{T,s}) / A = 4.584,1 / 14.163,8 = **0,32 W/(m²K)**

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit U_{max} = Höchstwerte · 1.25 (§ 50 mit Rundungsregel)

	opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
U _{max} Ti ≥ 19°C	0,40	1,90	1,90	3,10
U _{max} Ti < 19°C	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen Ti ≥ 19°C	0,25	1,16		1,67

für den U_{max}-Nachweis wurden reduzierte Grundflächen (Randstreifen) berücksichtigt:

" 10 F 0100 FG ", A_{Rand} = 1116,0 - 642,2 m², U_{Rand} = 0,505 W/(m²K)

" 23 F 0300 FG ", A_{Rand} = 1222,5 - 848,2 m², U_{Rand} = 0,505 W/(m²K)

" 32 F 0500 FG ", A_{Rand} = 261,8 - 228,0 m², U_{Rand} = 0,505 W/(m²K)

" 35 F 0600 FG ", A_{Rand} = 31,7 - 31,7 m², U_{Rand} = 0,505 W/(m²K)

" 38 F 0700 FG ", A_{Rand} = 230,0 - 178,5 m², U_{Rand} = 0,347 W/(m²K)

" 43 F 0800 FG ", $A_{Rand} = 68,9 - 62,9 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,347 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 " 53 F 0900 FG ", $A_{Rand} = 145,4 - 102,5 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,347 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 " 61 F 1000 FG ", $A_{Rand} = 474,7 - 278,7 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,347 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 " 66 F 1100 FG ", $A_{Rand} = 239,0 - 194,8 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,215 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 " 74 F 1300 FG ", $A_{Rand} = 1689,4 - 1510,1 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,215 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 "103 F 1800 FG ", $A_{Rand} = 67,9 - 0,0 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 1,200 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 "108 F 1900 FG ", $A_{Rand} = 67,9 - 0,0 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 1,200 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 " 84 F 1500 FG ", $A_{Rand} = 179,1 - 0,0 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 4,015 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
 kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) -38,2\%$

2.4 Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Bauteil		U-Wert W / (m ² K)	U/U _{EnEV}	Fläche A m ²		H _T W/K	
Außentür verglast (A1)	A1	1,500		15	0 %	23	1 %
Außentür verglast Bauteil	A2	1,300	100 %	14	0 %	18	1 %
Außenwand gegen Erdreich (B	B	4,015	1606 %	59	0 %	41	1 %
Außenwand UG Bauteil C (C)	C	0,239	96 %	9	0 %	2	0 %
Bodenplatte massiv 1969-78	D	1,200		315	2 %	157	5 %
Bodenplatte-Estrich (E)	E	0,347		919	6 %	144	5 %
Bodenplatte-Kernbereich (G	G1	3,770		2632	19 %	402	13 %
Bodenplatte Halle A Bestan	F1	0,215	86 %	1689	12 %	200	6 %
Bodenplatte Halle A neu (F	F2	0,215	86 %	239	2 %	31	1 %
Decke nach unten gegen Auß	H	0,193	96 %	24	0 %	5	0 %
Fenster (I1)	I1	1,300		89	1 %	116	4 %
Fenster Bauteil A/C (I2)	I2	0,950	100 %	60	0 %	57	2 %
Flachdach Seminar (J)	J	0,133	95 %	24	0 %	3	0 %
Isowand Hockeyhallen (K)	K	0,300		1333	9 %	400	13 %
IIIsowand Bauteil A/C - MiW	L2	0,200	100 %	38	0 %	8	0 %
Isowand Bauteil A/C (L1)	L1	0,200	100 %	684	5 %	137	4 %
Lichtkuppel mit Aufsatzkra	M1	2,000		34	0 %	68	2 %
Lichtkuppel mit Aufsatzkra	M2	1,500	100 %	8	0 %	11	0 %
Sockel Sandwichselement (N	N2	0,386		85	1 %	33	1 %
Sockel (N1)	N1	0,278		57	0 %	16	1 %
Stahltür (O1)	O1	1,700		28	0 %	48	2 %
Stahltür Bauteil A (O2)	O2	1,300	100 %	9	0 %	12	0 %
Thermodach Bauteil A/C - M	P2	0,300	214 %	105	1 %	31	1 %
Thermodach Bauteil A/C (P1	P1	0,140	100 %	2174	15 %	304	10 %
Trapezblechdach Bauteil B	Q1	0,211		899	6 %	190	6 %
Trapezblechdach Hockeyhall	Q2	0,272		2622	19 %	713	23 %
				14164	100 %	3.168	100 %

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

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 6 \cdot 14164 / 34178 = 2,49 \text{ (Gl.68)}$

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n50		VA		Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
		h ⁻¹	m ³ / (m ² h)	h ⁻¹	m ³ / (m ² h)	n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	n _{win} h ⁻¹	n _{m,ZUL} h ⁻¹	t _{V,m} h/d
<1> Hockeyhalle 2	-	2,61	3,00	0,48	0,18	0,30	-	-	-	-
<2> Hockeyhalle 1	-	2,36	3,00	0,48	0,17	0,31	-	-	-	-
<3> Tribüne Hockey	-	2,29	40,00	6,61	0,16	0,19	6,13	6	-	-
<4> Verkehrsfläche	-	4,59	0,00	0,00	0,32	0,10	-	-	-	-
<5> Sanitärbereich	-	6,17	15,00	6,00	0,43	0,11	5,88	13	-	-
<6> Fitness	-	3,93	12,00	3,09	0,28	1,54	0,96	17	-	-
<7> Tennishalle	-	1,86	3,00	0,39	0,13	0,16	0,21	17	-	-
<8> Seminar	-	5,34	15,00	5,10	0,37	2,22	-	-	-	-
<9> Technik	-	4,83	0,15	0,07	0,34	0,11	-	-	-	-
<10> Sanitärbereic	-	5,63	15,00	6,47	0,39	2,84	-	-	-	-

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Hockeyhalle 2	0,00	0,00	0,18	0,10
<2> Hockeyhalle 1	0,00	0,00	0,17	0,10
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	0,00	0,00	0,16	0,10
<4> Verkehrsflächen	0,00	0,00	0,32	0,10
<5> Sanitärbereich neu	0,00	0,00	0,43	0,10
<7> Tennishalle	0,00	0,00	0,13	0,10
<8> Seminar	0,00	0,00	0,37	0,10
<9> Technik	0,00	0,00	0,34	0,10
<10> Sanitärbereich Bestand	0,00	0,00	0,39	0,10

Zone <3> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 9500 / 9500 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <5> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 2875 / 2875 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <6> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 1655 / 1655 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <7> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 3000 / 3000 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

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

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = VA * ANGF / V während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

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

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

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

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 2 / 8 / 10 /

Δn_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) * n_{inf} - 0.1 (ohne RLT), falls n_{nutz} > 1.2 ⇒ Δn_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1

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

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

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

Transferkoeffizienten Lüftung	V m ³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
<1> Hockeyhalle 2	6.777	0	421	701	1.122	0	
<2> Hockeyhalle 1	7.511	0	422	785	1.207	0	
<3> Tribüne Hockeyha	1.549	0	84	103	187	807	18,3
<4> Verkehrsflächen	741	0	81	25	106	0	
<5> Sanitärbereich n	489	0	72	18	90	530	18,0
<6> Fitness	1.717	0	160	897	1.058	399	18,3
<7> Tennishalle	14.180	0	628	757	1.386	724	18,3
<8> Seminar	967	0	123	730	853	0	
<9> Technik	139	0	16	5	21	0	
<10> Sanitärbereich	109	0	15	105	120	0	

0 2022 4127 6149 2459

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Hockeyhalle 2	0	421	230	652
<2> Hockeyhalle 1	0	422	255	677
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	0	84	53	137
<4> Verkehrsflächen	0	81	25	106
<5> Sanitärbereich neu	0	72	17	88
<7> Tennishalle	0	628	482	1110

<8> Seminar	0	123	33	156
<9> Technik	0	16	5	21
<10> Sanitärbereich Bestand	0	15	4	18
	0	1862	1104	2966

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

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

Kollektorfläche	Zone	A_g m^2	$I_S, \text{Jan/Jul}$ W/m^2	$g_{\text{eff}}, \text{Jan/Jul}$ %	$Q_S, \text{Jan/Jul}$ kWh/d
13 A 0202 DFF 4° Os	1	1,40	29/ 210	36/ 36	7100
14 A 0203 DFF 4° We	1	2,80	29/ 210	36/ 36	"
26 A 0402 DFF 3° Os	2	2,80	29/ 210	36/ 36	"
27 A 0403 DFF 3° We	2	2,80	29/ 210	36/ 36	"
40 A 0819 DFF 0°	4	2,32	29/ 210	36/ 36	"
45 W 0917 DFF 0°	4	2,32	29/ 210	36/ 36	"
49 A 0912 FF Süd	4	14,62	59/ 113	29/ 29	"
50 A 0913 FF Ost	4	11,13	25/ 138	29/ 29	"
55 W 1014 DFF 0°	6	9,27	29/ 210	36/ 36	"
59 A 1001 FF Süd	6	17,01	59/ 113	29/ 29	"
60 A 1002 FF Ost	6	23,12	25/ 138	29/ 29	"
65 A 1103 FF Ost	7	5,46	25/ 138	29/ 29	"
77 A 1402 DFF 10° O	7	2,10	29/ 210	44/ 44	"
78 A 1403 DFF 10° W	7	3,15	29/ 210	44/ 44	"
83 A 1502 FF Ost	8	21,89	25/ 138	23/ 23	"
97 A 1702 FF Ost	8	12,66	25/ 138	23/ 23	"
102 A 1802 FF Ost	9	3,82	25/ 138	23/ 23	"
107 A 1902 FF Ost	10	3,82	25/ 138	23/ 23	"
		142,40			33/ 150

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

a_{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

Hüllfläche		Zone	A m ²	U W/(m ² K)	α	h _r W/(m ² K)	I _{S,Jul} W/m ²	Q _{S,Jul} kWh/d
1 F 0101 FAW Süd	S	1	38,0	0,30	0,50	4,50	113	0,4
2 F 0101a FAW Süd	S	1	44,4	0,39	0,50	4,50	113	0,6
3 F 0102 FAW Süd	S	1	77,6	0,30	0,50	4,50	113	0,8
4 F 0103 FAW Ost	O	1	151,2	0,30	0,50	4,50	138	2,0
5 F 0104 FAW Ost	O	1	120,0	0,30	0,50	4,50	138	1,6
6 F 0107 FAW West	W	1	271,0	0,30	0,50	4,50	117	2,8
7 T 0102 FAW Süd	S	1	4,8	1,70	0,50	4,50	113	0,3
8 T 0103 FAW Ost	O	1	4,5	1,70	0,50	4,50	138	0,3
9 T 0107 FAW West	W	1	4,8	1,70	0,50	4,50	117	0,3
11 F 0202 FD Ost 4	O	1	557,1	0,27	0,50	4,50	210	8,7
12 F 0203 FD West	W	1	555,1	0,27	0,50	4,50	210	8,7
15 F 0301 FAW Süd	S	2	44,7	0,30	0,50	4,50	113	0,4
16 F 0308 FAW Nord	N	2	62,7	0,30	0,50	4,50	81	0,3
17 F 0309 FAW Nord	N	2	105,6	0,30	0,50	4,50	81	0,5
18 F 0310 FAW West	W	2	243,6	0,30	0,50	4,50	117	2,5
19 F 0310a FAW Wes	W	2	36,8	0,39	0,50	4,50	117	0,5
20 T 0301 FAW Süd	S	2	4,8	1,70	0,50	4,50	113	0,3
21 T 0308 FAW Nord	N	2	4,8	1,70	0,50	4,50	81	0,1
22 T 0309 FAW Nord	N	2	4,8	1,70	0,50	4,50	81	0,1
24 F 0402 FD Ost 3	O	2	460,5	0,27	0,50	4,50	210	7,2
25 F 0403 FD West	W	2	755,2	0,27	0,50	4,50	210	11,9
28 F 0505 FD	-	3	262,0	0,27	0,50	4,50	210	4,1
29 F 0502 FAW Ost	O	3	24,8	0,30	0,50	4,50	138	0,3
30 F 0503 FAW Nord	N	3	39,5	0,30	0,50	4,50	81	0,2
31 F 0503a FAW Nor	N	3	3,4	0,39	0,50	4,50	81	0,0
33 F 0605 FD	-	4	31,8	0,27	0,50	4,50	210	0,5
34 F 0602 FAW Ost	O	4	12,7	0,20	0,50	4,50	138	0,1
36 F 0719 FD	-	5	230,0	0,21	0,50	4,50	210	2,8
37 F 0718 FAW Süd	S	5	43,2	0,30	0,50	4,50	113	0,4
39 F 0819 FD	-	4	65,6	0,21	0,50	4,50	210	0,8
41 F 0801 FAW Süd	S	4	2,3	0,30	0,50	4,50	113	0,0
42 T 0801 FAW Süd	S	4	2,7	1,50	0,50	4,50	113	0,1
44 F 0917 FD	-	4	142,1	0,21	0,50	4,50	210	1,7
46 F 0912 FAW Süd	S	4	10,2	0,30	0,50	4,50	113	0,1
48 F 0916 FAW Süd	S	4	2,3	0,30	0,50	4,50	113	0,0
51 T 0913 FAW Ost	O	4	9,7	1,50	0,50	4,50	138	0,6
52 T 0916 FAW Süd	S	4	2,7	1,50	0,50	4,50	113	0,1
54 F 1014 FD	-	6	461,5	0,21	0,50	4,50	210	5,6
56 F 1001 FAW Süd	S	6	38,3	0,30	0,50	4,50	113	0,4
57 F 1001a FAW Süd	S	6	27,8	0,28	0,50	4,50	113	0,3
58 F 1002 FAW Ost	O	6	58,3	0,30	0,50	4,50	138	0,8
62 F 1101 FAW Süd	S	7	27,5	0,20	0,50	4,50	113	0,2
63 F 1102 FAW Süd	S	7	126,2	0,20	0,50	4,50	113	0,8
64 F 1103 FAW Ost	O	7	37,9	0,20	0,50	4,50	138	0,3
67 F 1202 FD Ost 1	O	7	89,4	0,30	0,50	4,50	210	1,5
68 F 1203 FD West	W	7	153,3	0,14	0,50	4,50	210	1,2
69 F 1304 FAW Nord	N	7	131,1	0,20	0,50	4,50	81	0,5
70 F 1305 FAW West	W	7	153,5	0,20	0,50	4,50	117	1,1
71 F 1305a FAW Wes	W	7	19,8	0,28	0,50	4,50	117	0,2
72 T 1304 FAW Nord	N	7	4,5	1,30	0,50	4,50	81	0,1
73 T 1305 FAW West	W	7	4,5	1,30	0,50	4,50	117	0,2
75 F 1402 FD Ost 1	O	7	707,8	0,14	0,50	4,50	210	5,7
76 F 1403 FD West	W	7	1002,3	0,14	0,50	4,50	210	8,1
79 F 1505 FD	-	8	182,1	0,14	0,50	4,50	210	1,5
80 F 1502 FAW Ost	O	8	90,6	0,20	0,50	4,50	138	0,8
81 F 1502a FAW Ost	O	8	9,5	0,28	0,50	4,50	138	0,1
82 F 1503 FAW Nord	N	8	45,4	0,20	0,50	4,50	81	0,2
85 F 1606 FD	-	8	128,4	0,14	0,50	4,50	210	1,0
86 F 1606a FD	-	8	15,6	0,30	0,50	4,50	210	0,3
87 F 1601 FAW Süd	S	8	32,3	0,20	0,50	4,50	113	0,2
88 F 1602 FAW Ost	O	8	14,3	0,20	0,50	4,50	138	0,1
89 F 1603 FAW Ost	O	8	3,9	0,20	0,50	4,50	138	0,0
90 T 1601 FAW Süd	S	8	4,8	1,30	0,50	4,50	113	0,2
91 T 1603 FAW Ost	O	8	9,1	1,30	0,50	4,50	138	0,5

92	F	1700	FD	-	8	24,1	0,19	0,50	4,50	210	0,3
93	F	1705	FD	-	8	24,1	0,13	0,50	4,50	210	0,2
94	F	1701	FAW Süd	S	8	5,1	0,20	0,50	4,50	113	0,0
95	F	1702	FAW Ost	O	8	36,9	0,20	0,50	4,50	138	0,3
96	F	1703	FAW Nord	N	8	5,1	0,20	0,50	4,50	81	0,0
98	F	1801	FAW Süd	S	9	5,6	0,24	0,50	4,50	113	0,0
100	F	1802	FAW Ost	O	9	1,5	0,24	0,50	4,50	138	0,0
105	F	1902	FAW Ost	O	10	1,5	0,24	0,50	4,50	138	0,0

8.120,6

95,3

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

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

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

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

h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 * Emissionsgrad = 5 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

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

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Hockeyhall	140	88	34	19	33	45	110	1.640
<2> Hockeyhall	187	117	46	26	44	60	147	2.186
<3> Tribüne Ho	-	-	-	-	-	-	-	-
<4> Verkehrsfl	726	566	204	142	284	248	597	7.675
<5> Sanitärber	-	-	-	-	-	-	-	-
<6> Fitness	1.151	861	312	210	416	388	947	12.543
<7> Tennishall	305	197	74	43	79	99	246	3.587
<8> Seminar	467	319	112	70	145	152	395	5.522
<9> Technik	52	35	12	8	16	17	44	611
<10> Sanitärbe	52	35	12	8	16	17	44	611
über opake ...								
<1> Hockeyhall	321	70	-	-	12	2	129	4.610
<2> Hockeyhall	243	22	-	-	4	1	71	3.953
<3> Tribüne Ho	42	1	-	-	-	-	10	747
<4> Verkehrsfl	51	14	-	-	3	0	21	734
<5> Sanitärber	40	12	-	-	3	0	15	571
<6> Fitness	83	20	-	-	4	1	31	1.216
<7> Tennishall	213	30	-	-	6	1	66	3.342
<8> Seminar	69	19	-	-	3	0	32	998
<9> Technik	2	1	-	-	0	0	1	15
<10> Sanitärbe	0	0	-	-	-	-	0	3
	4.144	2.408	807	526	1.069	1.031	2.907	50.563

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

Zone	A _B m²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> Hockeyhalle 2	1079	68,0	-	0,0	68,0
<2> Hockeyhalle 1	1196	75,3	-	0,0	75,3
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	256	47,9	-	0,0	47,9
<4> Verkehrsflächen	240	-	-	0,0	0,0
<5> Sanitärbereich neu	196	-	-	0,0	0,0
<6> Fitness	442	116,8	10,6	0,0	127,4
<7> Tennishalle	1854	116,8	-	0,0	116,8
<8> Seminar	329	30,6	2,6	0,0	33,2
<9> Technik	62	-	-	0,0	0,0

<10> Sanitärbereich Bestand	47	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Hockeyhalle 2		-	-	0,0	0,0
<2> Hockeyhalle 1		-	-	0,0	0,0
<3> Tribüne Hockeyhalle 1		-	-	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<5> Sanitärbereich neu		-	-	0,0	0,0
<7> Tennishalle		-	-	0,0	0,0
<8> Seminar		-	-	0,0	0,0
<9> Technik		-	-	0,0	0,0
<10> Sanitärbereich Bestand		-	-	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> Hockeyhalle 2	0,0	49,8	7,2	0,0	0,0
<2> Hockeyhalle 1	0,0	55,0	8,0	0,0	0,0
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	0,0	2,1	1,7	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen	0,0	2,5	3,0	0,0	0,0
<5> Sanitärbereich neu	0,0	4,3	2,4	5,6	0,0
<6> Fitness	0,0	19,1	5,5	0,0	0,0
<7> Tennishalle	0,0	85,5	12,4	0,0	0,0
<8> Seminar	0,0	15,6	10,0	0,0	0,0
<9> Technik	0,0	0,1	1,9	0,0	0,0
<10> Sanitärbereich Bestand	0,0	0,9	1,4	3,3	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	Σ H _T W/K	Σ H _V W/K	Σ H _{V,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
<1> Hockeyhalle 2	1018	1122	0	949	128	0,134
<2> Hockeyhalle 1	1004	1207	0	980	141	0,144
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	191	187	807	191	52	0,271
<4> Verkehrsflächen	232	106	0	164	15	0,092
<5> Sanitärbereich neu	148	90	530	140	13	0,092
<6> Fitness	412	1058	399	656	166	0,252
<7> Tennishalle	1091	1386	724	1113	219	0,197
<8> Seminar	331	853	0	550	66	0,121
<9> Technik	78	21	0	48	3	0,057
<10> Sanitärbereich Bestand	77	120	0	93	6	0,069
Zone	C _{wirk} Wh/(m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
<1> Hockeyhalle 2	50	2141	25,21	2,58	0,995	1,000
<2> Hockeyhalle 1	50	2211	27,05	2,69	0,995	1,000

<3> Tribüne Hockeyhalle 1	50	1186	10,80	1,68	0,915	1,000
<4> Verkehrsflächen	50	338	35,48	3,22	1,000	1,000
<5> Sanitärbereich neu	50	768	12,74	1,80	0,988	1,000
<6> Fitness	50	1868	11,84	1,74	0,930	
<7> Tennishalle	50	3201	28,96	2,81	0,992	1,000
<8> Seminar	50	1184	13,88	1,87	0,983	1,000
<9> Technik	50	99	31,14	2,95	1,000	1,000
<10> Sanitärbereich Bestand	50	197	11,90	1,74	0,991	1,000

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

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

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

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

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

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

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

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	18,4	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,0	18,8	18,7	18,5	18,4
$T_{i,2}$	°C	18,4	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,0	18,8	18,7	18,5	18,4
$T_{i,3}$	°C	19,1	19,2	19,5	19,9	20,4	20,6	20,8	20,8	20,4	19,9	19,4	19,1
$T_{i,4}$	°C	20,0	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
$T_{i,5}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,3	20,0	19,9
$T_{i,6}$	°C	19,3	19,3	19,4	19,6	19,8	19,9	20,0	19,9	19,8	19,6	19,4	19,3
$T_{i,7}$	°C	18,4	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,0	18,8	18,7	18,5	18,4
$T_{i,8}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,0	19,9
$T_{i,9}$	°C	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,10}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,3	20,0	19,9
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	15,6	15,8	16,3	17,1	18,1	18,6	19,0	18,9	18,1	17,2	16,2	15,6
$T_{i,2}$	°C	15,6	15,8	16,3	17,2	18,1	18,6	19,0	18,9	18,1	17,2	16,2	15,6
$T_{i,3}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i,4}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i,5}$	°C	17,3	17,4	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,7	18,9	17,8	17,2
$T_{i,6}$	°C	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	19,1	19,7	19,6	18,8	18,8	18,8	18,8
$T_{i,7}$	°C	15,6	15,8	16,3	17,2	18,1	18,6	19,0	18,9	18,1	17,2	16,2	15,6
$T_{i,8}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i,9}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i,10}$	°C	17,2	17,3	17,9	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,1

7.1 Zone <1> Hockeyhalle 2

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

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

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

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 68,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,6 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,899	0,980	0,993	0,995	0,995	0,995	0,991	0,792
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,863
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	412	860	925	956	956	864	956	7.552
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.420
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.739	8.296	13.790	17.639	17.459	14.879	13.271	99.135
$Q_{h,b,WE}$	kWh	882	2.105	3.706	4.865	4.797	4.053	3.472	26.612
Q_T	kWh	3.159	6.599	10.016	12.573	12.503	10.728	9.933	77.325
Q_V	kWh	3.076	6.424	9.750	12.239	12.171	10.444	9.670	75.275
Q_S^*	kWh	429	156	34	19	45	47	238	4.049
Q_I^*	kWh	2.185	2.523	2.563	2.720	2.712	2.425	2.621	24.303

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

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

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

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

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

7.2 Zone <2> Hockeyhalle 1

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 75,3 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,6 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,900	0,981	0,993	0,995	0,995	0,995	0,992	0,791
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,865
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	456	948	1.025	1.060	1.060	957	1.060	8.337
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.960
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.730	8.475	14.126	18.090	17.924	15.261	13.619	101.426
$Q_{h,b,WE}$	kWh	859	2.055	3.644	4.807	4.746	3.999	3.415	26.160
Q_T	kWh	3.117	6.511	9.882	12.405	12.336	10.585	9.800	76.295
Q_V	kWh	3.288	6.868	10.424	13.084	13.012	11.165	10.337	80.475
Q_S^*	kWh	401	137	45	26	48	61	217	3.957
Q_I^*	kWh	2.419	2.795	2.838	3.013	3.002	2.684	2.901	26.856

7.3 Zone <3> Tribüne Hockeyhalle 1

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 47,9 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,914	0,896	0,901	0,922	0,915	0,910	0,880	0,912

$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	138	227	219	227	227	205	227	2.019
t_h	h	227	744	720	744	744	672	744	6.218
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	1.006	2.301	3.162	3.104	2.616	2.144	15.202
$Q_{h,b,WE}$	kWh	250	491	814	1.044	1.033	878	780	6.193
Q_T	kWh	808	1.433	2.038	2.505	2.492	2.150	2.031	16.807
Q_V	kWh	82	1.017	1.969	2.642	2.593	2.207	1.866	10.692
Q_S^*	kWh	40	1	-	-	-	-	9	707
Q_I^*	kWh	944	969	961	1.029	1.022	913	967	11.666

7.4 Zone <4> Verkehrsflächen

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,968	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	0,895
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,958	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,871
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	130	213	206	213	213	192	213	1.965
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.811
$Q_{h,b,RE}$	kWh	613	1.619	2.668	3.321	3.198	2.761	2.352	18.540
$Q_{h,b,WE}$	kWh	52	341	782	1.034	978	832	628	4.841
Q_T	kWh	1.014	1.798	2.556	3.142	3.126	2.697	2.548	21.083
Q_V	kWh	463	822	1.169	1.437	1.429	1.233	1.165	9.640
Q_S^*	kWh	750	577	204	142	286	248	616	6.935
Q_I^*	kWh	62	93	124	149	146	125	117	1.048

7.5 Zone <5> Sanitärbereich neu

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,966	0,983	0,986	0,988	0,988	0,987	0,985	0,943
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	105	173	168	173	173	157	173	1.540
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.456
$Q_{h,b,RE}$	kWh	945	1.859	2.354	2.746	2.727	2.381	2.337	17.994
$Q_{h,b,WE}$	kWh	172	338	570	733	724	616	545	4.326
Q_T	kWh	643	1.141	1.622	1.994	1.984	1.711	1.617	13.377
Q_V	kWh	723	1.300	1.519	1.714	1.710	1.508	1.543	11.283
Q_S^*	kWh	39	12	-	-	3	0	15	530
Q_I^*	kWh	209	241	260	285	283	251	262	2.709

7.6 Zone <6> Fitness

Regelbetrieb (100,0%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,3^\circ\text{C}$ und $Q_I = 127,4 \text{ kWh/d}$

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

η_{source}		0,693	0,837	0,912	0,934	0,930	0,926	0,891	0,723
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.514
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.358	6.255	12.009	15.952	15.658	13.268	11.200	82.755
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_T	kWh	1.631	3.104	4.549	5.647	5.617	4.833	4.524	36.394
Q_V	kWh	3.611	7.708	11.786	14.826	14.722	12.636	11.656	89.702
Q_S^*	kWh	855	737	284	196	391	360	871	8.506
Q_I^*	kWh	3.029	3.839	4.133	4.443	4.384	3.905	4.108	39.122

7.7 Zone <7> Tennishalle

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,4^\circ\text{C}$ und $Q_I = 116,8\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,6^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,905	0,976	0,989	0,992	0,992	0,991	0,987	0,808
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,918
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	699	1.454	1.589	1.642	1.642	1.484	1.642	12.697
t_h	h	566	744	720	744	744	672	744	6.413
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.106	7.979	14.807	19.454	19.235	16.303	14.170	101.602
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1.033	2.450	4.463	5.963	5.888	4.956	4.203	32.245
Q_T	kWh	3.389	7.079	10.746	13.488	13.414	11.510	10.657	82.958
Q_V	kWh	3.013	7.828	12.704	16.266	16.140	13.795	12.506	90.880
Q_S^*	kWh	484	223	74	43	85	99	310	4.965
Q_I^*	kWh	3.781	4.320	4.386	4.658	4.643	4.151	4.487	42.567

7.8 Zone <8> Seminar

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 33,2\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,895	0,959	0,980	0,984	0,983	0,982	0,973	0,881
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,984	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,936
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	179	291	282	291	291	263	291	2.919
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.669
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.587	5.516	8.381	10.454	10.344	8.882	8.100	63.984
$Q_{h,b,WE}$	kWh	248	656	1.189	1.536	1.496	1.268	1.058	8.074
Q_T	kWh	1.442	2.557	3.637	4.469	4.447	3.836	3.624	29.990
Q_V	kWh	2.851	5.056	7.191	8.837	8.794	7.585	7.167	59.299
Q_S^*	kWh	495	329	111	69	146	151	419	5.489
Q_I^*	kWh	964	1.126	1.216	1.339	1.324	1.168	1.216	12.490

7.9 Zone <9> Technik

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,997	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,986
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,996	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,982
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	34	55	53	55	55	50	55	489
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.473
$Q_{h,b,RE}$	kWh	294	558	793	967	957	826	771	6.238
$Q_{h,b,WE}$	kWh	69	144	241	307	302	258	228	1.779
Q_T	kWh	342	607	863	1.061	1.055	910	860	7.118
Q_V	kWh	91	161	229	282	280	242	229	1.891
Q_S^*	kWh	53	37	12	8	16	17	45	610
Q_I^*	kWh	18	29	46	61	60	51	45	383

7.10 Zone <10> Sanitärbereich Bestand

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,950	0,980	0,989	0,991	0,991	0,992	0,989	0,936
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,993	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,968
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	26	42	40	42	42	38	42	372
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.669
$Q_{h,b,RE}$	kWh	516	1.003	1.467	1.814	1.800	1.550	1.441	11.593
$Q_{h,b,WE}$	kWh	74	153	248	314	310	265	236	1.853
Q_T	kWh	337	597	849	1.043	1.038	895	846	7.001
Q_V	kWh	395	701	996	1.225	1.219	1.051	993	8.217
Q_S^*	kWh	50	35	12	8	16	17	44	563
Q_I^*	kWh	92	106	118	133	131	116	119	1.209

7.11 Summe Heizwärmebedarf

	Q_T kWh/a	Q_V kWh/a	Q_S^* kWh/a	Q_I^* kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m²a)
<1> Hockeyhalle 2	77.325	75.275	4.049	24.303	125.747	116,5
<2> Hockeyhalle 1	76.295	80.475	3.957	26.856	127.586	106,7
<3> Tribüne Hockeyh	16.807	10.692	707	11.666	21.395	83,6
<4> Verkehrsflächen	21.083	9.640	6.935	1.048	23.381	97,4
<5> Sanitärbereich	13.377	11.283	530	2.709	22.321	114,1
<6> Fitness	36.394	89.702	8.506	39.122	82.755	187,1
<7> Tennishalle	82.959	90.880	4.965	42.567	133.847	72,2
<8> Seminar	29.990	59.299	5.489	12.490	72.059	219,2
<9> Technik	7.118	1.892	610	383	8.017	129,5
<10> Sanitärbereich	7.001	8.217	563	1.209	13.446	286,7
	368.347	437.352	36.310	162.355	630.552	110,6

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

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

Zone	Feuchteanf.	No	Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP,Jan}}$ $^\circ\text{C}$
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	mT	204	RLT-Anlage	VE rec75	18,3
<5> Sanitärbereich neu	-	204	RLT-Anlage	VE LH rec75	18,0
<6> Fitness	mT	204	RLT-Anlage	VE rec75	18,3
<7> Tennishalle	-	204	RLT-Anlage	VE rec75	18,3

Zone <3> RLT-Anlage (204) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 9500 / 9500 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <5> RLT-Anlage (204) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 2875 / 2875 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <6> RLT-Anlage (204) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1655 / 1655 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <7> RLT-Anlage (204) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 3000 / 3000 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Feuchteanforderung mT / oT = mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)

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

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbeefeuchter / Dampfbeefeuchter

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

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

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{\text{mech,m}}$ m^3/h	$t_v \cdot d_v$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_v, Jan kWh
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	9500	127	3,96	2,64	841
<5> Sanitärbereich neu	2875	276	1,20	0,80	551
<6> Fitness	1655	527	0,69	0,46	606
<7> Tennishalle	3000	361	1,25	0,83	752

monatliche Werte W_v [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<3> Tribüne Hoc	814	841	814	841	841	759	841	9.898
<5> Sanitärbere	533	551	533	551	551	498	551	6.490
<6> Fitness	587	606	587	606	606	547	606	7.136
<7> Tennishalle	728	752	728	752	752	679	752	8.853
	2.661	2.750	2.661	2.750	2.750	2.484	2.750	32.376

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

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

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

W_v = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

	θ_{HC} $^\circ\text{C}$	$q_{\text{H}, 12\text{h}}$ Wh/m^3	f_{H}	q_{H} Wh/m^3	$Q_{\text{V}, \text{H}}$ kWh	$A_{\text{K}, \text{A}}$ m^2
<5> Sanitärbereich neu	19,4	143	1,01	107	308	0,0

Indizierungen (i) für die Bilanzgrößen: H = Heizen, C = Kühlen, St = Befeuchten

θ_{HC} = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)

$q_{\text{H}, 12\text{h}} / q_{\text{H}}$ = Kennwerte für den Nutzenergiebedarf = $F(\text{Anlage-No, Bilanzgröße, Monat})$ nach Anhang A

f_{H} = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37

$Q_{\text{V}, i}$ = monatlicher Nutzenergiebedarf für die Bilanzgröße i

$A_{\text{K}, \text{A}}$ = Oberfläche der Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

Zone <5> Sanitärbereich neu

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	34	82	198	306	308	241	181	1.515
$t_{h*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	270
$Q_{h*,b}$	kWh	38	90	218	337	339	265	199	1.666
		38	90	218	337	339	265	199	1.666

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

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
3 Fußbodenheizu		25	59	142	219	220	173	129	1.083
4 Fußbodenheizu		13	32	76	118	119	93	70	583
		38	90	218	337	339	265	199	1.666

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

mit $Q_{V,H}$ = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung, $t_{h*,op}$ = Bedarfszeit der Heizregister und $Q_{h*,b}$ = Nutzwärmebedarf der Heizregister

$t_{h*,op} = t_{H,r} * t_{V,mech} * d_{V,mech} * b_{bv,mth} / b_{vh,a}, \max. t_{V,mech} * d_{V,mech,m}$ (DIN V 18599-7, Gl.4)

$Q_{h*,b}$ nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)

Leitungsverluste mit $A_{K,A}$ und $f_{vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (9), mit Dachoberlichtern (9)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

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

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	ATL m^2	ARB m^2	Tageslicht	CTL %
6 A 0912 FAW Süd	Süd 4	100	22,7	18,3	gut	89
7 A 0913 FAW Ost	Ost 4	100	17,5	13,9	gut	93
9 A 1001 FAW Süd	Süd 6	300	83,6	21,3	mittel	85
10 A 1002 FAW Ost	Ost 6	300	99,7	28,9	gut	87
12 A 1103 FAW Ost	Ost 7	300	12,5	6,8	gut	92
15 A 1502 FAW Ost	Ost 8	500	80,8	31,3	gut	71
16 A 1702 FAW Ost	Ost 8	500	71,3	18,1	mittel	60
17 A 1802 FAW Ost	Ost 9	100	40,0	5,5	gering	51
18 A 1902 FAW Ost	Ost 10	200	40,0	5,5	gering	51

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 A 0202 FD Ost 4°	1	300	30,0	2,0	keine	83
2 A 0203 FD West 4°	1	300	60,0	4,0	keine	83
3 A 0402 FD Ost 3°	2	300	60,0	4,0	keine	83
4 A 0403 FD West 3°	2	300	60,0	4,0	keine	83
5 A 0819 FD	4	100	27,3	3,3	gering	83
8 W 0917 FD	4	100	27,3	3,3	gering	83
11 W 1014 FD	6	300	229,8	13,2	keine	83
13 A 1402 FD Ost 10°	7	300	55,0	3,0	keine	83
14 A 1403 FD West 10°	7	300	82,5	4,5	keine	83

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
<1> Hockeyhalle 2	1079	90	989
<2> Hockeyhalle 1	1196	120	1.076
<3> Tribüne Hockeyhalle	256	-	256
<4> Verkehrsflächen	240	95	145
<5> Sanitärbereich neu	196	-	196
<6> Fitness	442	413	29
<7> Tennishalle	1854	150	1.704
<8> Seminar	329	152	177
<9> Technik	62	40	22
<10> Sanitärbereich Best	47	40	7

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

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

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

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

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

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

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

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich					CTL	CTL, kon	FTL						
							Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	
							%	%	%	%	%	%	
1	A	0202	FD Ost	4°	1	83	50	69	62	56	52	49	49
2	A	0203	FD West	4°	1	83	50	69	62	56	52	49	49
3	A	0402	FD Ost	3°	2	83	50	69	62	56	52	49	49
4	A	0403	FD West	3°	2	83	50	69	62	56	52	49	49
5	A	0819	FD		4	83	50	69	62	56	52	49	49
6	A	0912	FAW Süd		4	89	60	55	48	43	40	38	37
7	A	0913	FAW Ost		4	93	60	53	46	41	38	35	35
8	W	0917	FD		4	83	50	69	62	56	52	49	49
9	A	1001	FAW Süd		6	85	55	60	55	51	48	46	46
10	A	1002	FAW Ost		6	87	55	59	54	49	47	45	44
11	W	1014	FD		6	83	50	69	62	56	52	49	49
12	A	1103	FAW Ost		7	92	60	53	47	42	38	36	36
13	A	1402	FD Ost	10°	7	83	50	69	62	56	52	49	49
14	A	1403	FD West	10°	7	83	50	69	62	56	52	49	49
15	A	1502	FAW Ost		8	71	57	65	61	57	54	53	52
16	A	1702	FAW Ost		8	60	52	73	70	67	65	64	63
17	A	1802	FAW Ost		9	51	50	78	75	73	71	70	70
18	A	1902	FAW Ost		10	51	50	78	75	73	71	70	70

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25
 FTL = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39
 $FTL = \max[1 - v_{\text{Monat}} * CTL * CTL_{\text{kon}}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (28)
 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 0202 FD Ost 4°	1	300	9-1-1	3,7	0,85	126	2133	1055	24
2 A 0203 FD West 4°	1	300	9-1-1	3,7	0,85	126	2133	1055	47
3 A 0402 FD Ost 3°	2	300	9-1-1	3,7	0,85	126	2133	1055	47
4 A 0403 FD West 3°	2	300	9-1-1	3,7	0,85	126	2133	1055	47
5 A 0819 FD	4	100	9-1-1	1,8	0,60	90	1526	124	5
6 A 0912 FAW Süd	4	100	9-1-1	1,8	0,60	71	1526	124	3
7 A 0913 FAW Ost	4	100	9-1-1	1,8	0,60	68	1526	124	2
8 W 0917 FD	4	100	9-1-1	1,8	0,60	90	1526	124	5
9 A 1001 FAW Süd	6	300	9-1-1	3,7	1,00	188	3663	1812	105
10 A 1002 FAW Ost	6	300	9-1-1	3,7	1,00	185	3663	1812	124
11 W 1014 FD	6	300	9-1-1	3,7	1,00	216	3663	1812	312
12 A 1103 FAW Ost	7	300	9-1-1	3,7	0,85	97	2133	1055	9
13 A 1402 FD Ost 10°	7	300	9-1-1	3,7	0,85	126	2133	1055	43
14 A 1403 FD West 10	7	300	9-1-1	3,7	0,85	126	2133	1055	65
15 A 1502 FAW Ost	8	500	9-1-1	6,6	0,75	106	1907	155	64
16 A 1702 FAW Ost	8	500	9-1-1	6,6	0,75	119	1907	155	62
17 A 1802 FAW Ost	9	100	9-1-1	2,6	0,07	12	175	14	1
18 A 1902 FAW Ost	10	200	9-1-1	3,6	0,55	93	1399	114	15
19 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	984
20 A in <2> ohne TL	2	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	1071
21 Zone <3> ohne TL	3	200	9-1-1	2,1	1,00	0	59	941	45
22 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	1,8	0,60	0	1526	124	37
23 Zone <5> ohne TL	5	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	91
24 A in <6> ohne TL	6	300	9-1-1	3,7	1,00	0	3663	1812	50
25 A in <7> ohne TL	7	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	1695
26 A in <8> ohne TL	8	500	9-1-1	6,6	0,75	0	1907	155	204
27 A in <9> ohne TL	9	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	1
28 A in <10> ohne TL	10	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	3

5161

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 5.701 m²
 Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Hockeyhall	1.014	1.051	1.021	1.060	1.055	949	1.047	12.349
<2> Hockeyhall	1.118	1.159	1.127	1.172	1.165	1.047	1.155	13.620
<3> Tribüne Ho	44	46	44	46	46	41	46	536
<4> Verkehrsfl	48	51	51	55	53	46	50	594
<5> Sanitärber	88	91	88	91	91	82	91	1.073
<6> Fitness	520	562	575	632	591	506	536	6.451
<7> Tennishall	1.741	1.805	1.754	1.821	1.813	1.630	1.799	21.217
<8> Seminar	309	325	322	342	330	292	318	3.783
<9> Technik	2	2	2	2	2	2	2	26
<10> Sanitärbe	17	18	18	19	18	16	17	205
	4.901	5.109	5.003	5.239	5.165	4.611	5.061	59.853

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 = $p_j \cdot [ATL \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> Hockeyhalle 2	154	151	0,982	50,000	25,21	0,727
<2> Hockeyhalle 1	159	164	1,029	50,000	27,05	0,718
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	27	55	2,009	50,000	10,80	0,406
<4> Verkehrsflächen	24	37	1,532	50,000	35,48	0,584
<5> Sanitärbereich neu	17	13	0,730	50,000	12,74	0,738
<6> Fitness	106	204	1,925	50,000	11,84	0,424
<7> Tennishalle	178	238	1,336	50,000	28,96	0,624
<8> Seminar	85	80	0,934	50,000	13,88	0,673
<9> Technik	7	3	0,422	50,000	31,14	0,953
<10> Sanitärbereich Bestand	14	7	0,468	50,000	11,90	0,838

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{c,b}$ (Raumklima)								
<1> Hockeyhall	8	8	7	16	52	174	398	2.354
<2> Hockeyhall	8	8	8	15	49	184	433	2.584
<3> Tribüne Ho	63	64	62	94	201	537	935	5.505
<4> Verkehrsfl	-	-	-	1	23	81	191	900
<5> Sanitärber	2	2	1	2	6	16	71	479
<6> Fitness	240	263	250	448	959	1.884	2.827	17.202
<7> Tennishall	22	22	20	41	120	454	1.045	6.368
<8> Seminar	10	11	11	24	73	166	307	1.730
<9> Technik	-	-	-	-	0	0	1	6
<10> Sanitärbe	0	1	1	1	3	6	11	68

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{c,b}$

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

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

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

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

Zone	$t_{c,op,d}$ h/d	$Q_{c,max,Jul}$ kW	$Q_{c,max,Sept}$ kW	techn. gekühlt
<1> Hockeyhalle 2	17	18,2	6,5	nein
<2> Hockeyhalle 1	17	18,4	6,1	nein
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	6	12,3	6,3	nein
<4> Verkehrsflächen	13	8,0	6,4	nein

<5> Sanitärbereich neu	13	1,7	-0,8	nein
<6> Fitness	17	23,3	14,8	nein
<7> Tennishalle	17	23,2	8,6	nein
<8> Seminar	13	12,4	5,8	nein
<9> Technik	13	0,7	0,1	nein
<10> Sanitärbereich Bestand	13	0,8	-0,2	nein
		119,0	53,6	

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

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

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d	je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M	
<1> Hockeyhalle 2	nicht relevant				-	
<2> Hockeyhalle 1	nicht relevant				-	
<3> Tribüne Hockeyha	nicht relevant				-	
<4> Verkehrsflächen	nicht relevant				-	
<5> Sanitärbereich n	Fitnessraum	1,500	Person	43	1.370	a
<6> Fitness	nicht relevant				-	
<7> Tennishalle	nicht relevant				-	
<8> Seminar	nicht relevant				-	
<9> Technik	nicht relevant				-	
<10> Sanitärbereich	Sportanlage mit	1,800	Person	34	1.299	a

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

a)

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen(n)	f_{zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	65% 5/	1,00	10.481
2 zentrale WW-Versorgung	35% 5/	1,00	5.644
3 zentrale WW-Versorgung	72% 10/	1,00	11.016
4 zentrale WW-Versorgung	28% 10/	1,00	4.284
5			

12.3 Verteilungsnetze

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 5

Verteilssystem: Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2018, Zirkulationsbetrieb an $z = 11,0$ h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

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

Umgebungstemperaturen $\theta_{l,Sommer}$, 22 °C im beheizten Bereich

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,05$ m³/h, $\Delta p = 14,3$ kPa, $P_{hydr} = 0,207$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 36,6$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

(3) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 10

Verteilssystem: Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2018, Zirkulationsbetrieb an $z = 11,0$ h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation, im Zirkulationsbetrieb 57,5°C (Tab.6)
 Umgebungstemperaturen $\theta_{l,Sommer}$, 22 °C im beheizten Bereich
 Zirkulationspumpe
 Volumenstrom $V = 0,04 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta p = 19,5 \text{ kPa}$, $P_{hydr} = 0,204 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/\text{h}$, $e_{w,d,aux} = 36,8$
 Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Stichltg. (St)
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 5			
Leitungslängen l_i	16 m	3 m	52 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 θ_I	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
(3) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 10			
Leitungslängen l_i	12 m	2 m	23 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 θ_I	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 5									
$Q_{w,b}$	kWh	861	890	861	890	890	804	890	10.481
$Q_{w,d,V}$	kWh	68	71	68	71	71	64	71	813
$Q_{w,d,S}$	kWh	16	17	16	17	17	15	17	194
$Q_{w,d,St}$	kWh	84	87	84	87	87	78	87	966

$Q_{w,d}$	kWh	169	174	169	174	174	157	174	1.974
$W_{w,d}$	kWh	2	2	2	2	2	2	2	21
$Q_{I,w,d}$	kWh	169	174	169	174	174	157	174	1.974
Aufteilung $Q_{l,w,d}$: nach Grundflächenanteilen									

(3) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 10									
$Q_{w,b}$	kWh	905	936	905	936	936	845	936	11.016
$Q_{w,d,V}$	kWh	49	51	49	51	51	46	51	585
$Q_{w,d,S}$	kWh	12	13	12	13	13	11	13	144
$Q_{w,d,St}$	kWh	38	39	38	39	39	35	39	437

$Q_{w,d}$	kWh	99	103	99	103	103	93	103	1.166
$W_{w,d}$	kWh	2	2	2	2	2	2	2	21
$Q_{I,w,d}$	kWh	99	103	99	103	103	93	103	1.166
Aufteilung $Q_{l,w,d}$: 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
 $Q_{l,w,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne"
 $W_{w,d}$ = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe

12.4 Warmwasserspeicher

nicht vorgesehen

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 5									
$Q_{w,outg}$	kWh	1.030	1.064	1.030	1.064	1.064	961	1.064	12.455
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 5									
$Q_{w,outg}$	kWh	464	479	464	479	479	433	479	5.644
(3) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 10									
$Q_{w,outg}$	kWh	1.005	1.038	1.005	1.038	1.038	938	1.038	12.182
(4) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 10									
$Q_{w,outg}$	kWh	352	364	352	364	364	329	364	4.284

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 5

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 151,2 kW
Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d, Vorrangschaltung für WW

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,8 bei A7/W35

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur 55°C und für die monatsmittlere Außenlufttemperatur korrigiert, Außentemperaturen für "4 Potsdam (Deutschland)"

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

Jahresarbeitszahl $SPF_{w,gen,a} = 12455/(4524+0+0) = 2,75$ (Gl.89)

(3) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 10

Wärmepumpe 2, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 39,8 kW
Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d, Vorrangschaltung für WW

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,8 bei A7/W35

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur 55°C und für die monatsmittlere Außenlufttemperatur korrigiert, Außentemperaturen für "4 Potsdam (Deutschland)"

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

Jahresarbeitszahl $SPF_{w,gen,a} = 12182/(4422+0+0) = 2,75$ (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 5, Jahresarbeitszahl _{WW} = 2,75									
$Q_{w,outg}$	kWh	1.030	1.064	1.030	1.064	1.064	961	1.064	12.455
COP		3,41	2,87	2,31	2,08	2,08	2,10	2,36	
$t_{w,gen}$	h/d	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
$Q_{w,f}$	kWh	302	371	447	512	512	458	450	4.524
$Q_{w,in}$	kWh	728	693	583	552	553	503	614	7.931
$W_{w,gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
(3) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 10, Jahresarbeitszahl _{WW} = 2,76									
$Q_{w,outg}$	kWh	1.005	1.038	1.005	1.038	1.038	938	1.038	12.182
COP		3,41	2,87	2,31	2,08	2,08	2,10	2,36	
$t_{w,gen}$	h/d	1,1	1,2	1,4	1,6	1,6	1,5	1,4	
$Q_{w,f}$	kWh	294	362	436	500	499	447	439	4.422

$Q_{w,in}$	kWh	710	676	569	539	539	491	599	7.761
$W_{w,gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

12.8 Wärmeerzeugung

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 5

Wärmeerzeuger 283 Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283) 21,4 kW (Erdgas), siehe Heizbereich 4

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 95,3 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0117$ kW elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb $P_{aux,Pn} = 196$ W, im Schlummerbetrieb $P_{aux,P0} = 15$ W mittlere Kesseltemperatur 45 °C, Kesselaufstellung im unbeheizten Bereich (13 °C)

(4) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 10

Wärmeerzeuger 283 Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283) 10,1 kW (Erdgas), siehe Heizbereich 6

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 95,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0159$ kW elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb $P_{aux,Pn} = 137$ W, im Schlummerbetrieb $P_{aux,P0} = 15$ W mittlere Kesseltemperatur 45 °C, Kesselaufstellung im unbeheizten Bereich (13 °C)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 5									
$Q_{w,outg}$	kWh	464	479	464	479	479	433	479	5.644
$t_{w,Pn,d}$	h/d	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
$Q_{w,g}$	kWh	4	4	4	4	4	3	4	147
$Q_{w,f}$	kWh	468	483	468	483	483	436	483	5.790
(4) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 10									
$Q_{w,outg}$	kWh	352	364	352	364	364	329	364	4.284
$t_{w,Pn,d}$	h/d	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
$Q_{w,g}$	kWh	4	5	4	5	5	4	5	80
$Q_{w,f}$	kWh	357	368	357	368	368	333	368	4.364
$W_{w,gen}$	kWh	5	5	5	5	5	4	5	66

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

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	2.851	2.946	2.851	2.946	2.946	2.661	2.946	34.565
$Q_{w,f}$	kWh	1.420	1.585	1.707	1.863	1.862	1.674	1.741	19.100
$W_{w,f}$	kWh	12	13	12	13	13	12	13	178
Strom-Mix	kWh	596	734	883	1.012	1.011	905	889	8.946
Erdgas	kWh	824	851	824	851	851	769	851	10.154
$Q_{I,w,<5>}$	kWh/d	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	
$Q_{I,w,<10>}$	kWh/d	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	

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

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

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Hockeyhalle 2	32,6	18,0	0	0,0	50,5
<2> Hockeyhalle 1	32,1	19,3	0	0,0	51,4
<3> Tribüne Hockeyhalle 1	6,1	3,0	9494	25,8	34,9
<4> Verkehrsflächen	7,4	1,7	0	0,0	9,1
<5> Sanitärbereich neu	4,7	1,4	2876	7,8	14,0
<6> Fitness	12,4	15,9	1648	4,2	32,4
<7> Tennishalle	34,9	22,2	2978	8,1	65,2
<8> Seminar	10,6	13,6	0	0,0	24,3
<9> Technik	2,5	0,3	0	0,0	2,8
<10> Sanitärbereich Bestand	2,5	1,9	0	0,0	4,4

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

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

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

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

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

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Warmluftheizung Umluftheizung	68%	1/2/3/7/	277.831	202,1	151,2
2 Warmluftheizung Umluftheizung	32%	1/2/3/7/	130.744	202,1	71,1
3 Fußbodenheizung Nasssystem	65%	4/5/6/	84.579	55,6	39,8
4 Fußbodenheizung Nasssystem	35%	4/5/6/	45.543	55,6	21,4
5 freie Heizflächen 55 / 35°C 2-	72%	8/9/10/	67.336	31,5	26,0
6 freie Heizflächen 55 / 35°C 2-	28%	8/9/10/	26.186	31,5	10,1
7					

<1> Raumtemperaturregelung hohe Qualität

<2> Raumtemperaturregelung hohe Qualität

<3> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

<4> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

<5> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/35 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

<6> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/35 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

RLT-Heizregister im Heizbereich $\Rightarrow Q_{h,b} = Q_{h,b} + Q_{h^*,b}$ enthält Nutzwärmebedarf für das Heizregister Übergabe- und Verteilungsverluste für $Q_{h^*,b}$ siehe "RLT-Systeme"

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Monat									
Q _{h,b} , <1>	kWh	6.527	22.343	39.203	51.017	50.446	42.803	37.451	277.831

Q _{h,b,<2>}	kWh	3.072	10.514	18.448	24.008	23.739	20.143	17.624	130.744
Q _{h,b,<3>}	kWh	2.041	6.768	11.949	15.461	15.136	12.908	11.091	83.496
Q _{h*,b,<3>}	kWh	25	59	142	219	220	173	129	1.083
Q _{h,b,<4>}	kWh	1.099	3.645	6.434	8.325	8.150	6.950	5.972	44.960
Q _{h*,b,<4>}	kWh	13	32	76	118	119	93	70	583
Q _{h,b,<5>}	kWh	2.726	5.782	8.870	11.082	10.950	9.395	8.521	67.336
Q _{h,b,<6>}	kWh	1.060	2.249	3.449	4.310	4.258	3.654	3.314	26.186

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

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "Warmluftheizung Umluftheizung", Leitzone <1> Hockeyhalle 2

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t _{h,<1>}	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.420
t _{h,rL,d<1>}	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
d _{h,rB<1>}	d/m	21	23	24	26	26	23	25	238
t _{h,rL<1>}	h/m	353	398	460	524	522	459	467	4.361

(2) Bereich "Warmluftheizung Umluftheizung", Leitzone <1> Hockeyhalle 2

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t _{h,<1>}	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.420
t _{h,rL,d<1>}	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
d _{h,rB<1>}	d/m	21	23	24	26	26	23	25	238
t _{h,rL<1>}	h/m	353	398	460	524	522	459	467	4.361

(3) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone <6> Fitness

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t _{h,<6>}	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.514
t _{h,rL,d<6>}	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
d _{h,rB<6>}	d/m	30	31	30	31	31	28	31	313
t _{h,rL<6>}	h/m	510	532	566	617	616	548	579	5.695

(4) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone <6> Fitness

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t _{h,<6>}	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.514
t _{h,rL,d<6>}	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
d _{h,rB<6>}	d/m	30	31	30	31	31	28	31	313
t _{h,rL<6>}	h/m	510	532	566	617	616	548	579	5.695

(5) Bereich "freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr", Leitzone <8> Seminar

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t _{h,<8>}	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.669
t _{h,rL,d<8>}	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
d _{h,rB<8>}	d/m	21	23	24	26	26	23	25	274
t _{h,rL<8>}	h/m	270	308	389	462	460	400	391	4.048

(6) Bereich "freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr", Leitzone <8> Seminar

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t _{h,<8>}	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.669
t _{h,rL,d<8>}	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
d _{h,rB<8>}	d/m	21	23	24	26	26	23	25	274
t _{h,rL<8>}	h/m	270	308	389	462	460	400	391	4.048

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

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} \cdot (24 - t_{h,op,day})$ (T5 Gl.24) mit
 $t_{h,op,day}$ = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und $f_{L,NA}$ = Laufzeitfaktor
 $d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)
 $t_{h,rL} = t_{h,rL,day} \cdot d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Laufzeit

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) Warmluftheizung Umluftheizung
 Raumtemperaturregelung hohe Qualität

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 1,3 = 1,30^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (10,2%)

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

(2) Warmluftheizung Umluftheizung
 Raumtemperaturregelung hohe Qualität

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 1,3 = 1,30^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (10,2%)

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

(3) Fußbodenheizung Nasssystem
 hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, System Nasssystem,
 Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein,
 Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0+1,2+(0,7+0,5)/2+0+0,2+0 = 2,00^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,3%)

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

(4) Fußbodenheizung Nasssystem
 hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, System Nasssystem,
 Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein,
 Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0+1,2+(0,7+0,5)/2+0+0,2+0 = 2,00^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,3%)

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

(5) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr
 hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/35 °C, Heizkörper vor
 Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
 nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,2%)

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

(6) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr
 hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/35 °C, Heizkörper vor
 Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb
 nein, Einzelraumregelsystem ohne

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

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

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Warmluftheizung Umluftheizung									
$Q_{h,b}$	kWh	6.527	22.343	39.203	51.017	50.446	42.803	37.451	277.831
$Q_{h,ce}$	kWh	1.869	3.166	3.542	3.794	3.773	3.369	3.525	28.238
(2) Warmluftheizung Umluftheizung									
$Q_{h,b}$	kWh	3.072	10.514	18.448	24.008	23.739	20.143	17.624	130.744
$Q_{h,ce}$	kWh	880	1.490	1.667	1.785	1.775	1.586	1.659	13.288
(3) Fußbodenheizung Nasssystem									
$Q_{h,b}$	kWh	2.041	6.768	11.949	15.461	15.136	12.908	11.091	83.496
$Q_{h,ce}$	kWh	743	1.338	1.559	1.680	1.653	1.480	1.504	11.977
(4) Fußbodenheizung Nasssystem									
$Q_{h,b}$	kWh	1.099	3.645	6.434	8.325	8.150	6.950	5.972	44.960
$Q_{h,ce}$	kWh	400	720	840	904	890	797	810	6.449
(5) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	2.726	5.782	8.870	11.082	10.950	9.395	8.521	67.336
$Q_{h,ce}$	kWh	776	959	1.001	1.052	1.044	938	997	9.577
(6) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	1.060	2.249	3.449	4.310	4.258	3.654	3.314	26.186
$Q_{h,ce}$	kWh	302	373	389	409	406	365	388	3.725
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	21.496	59.348	97.350	123.827	122.223	104.387	92.855	703.806

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

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

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

13.5 Heizwärmeverteilung

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

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Warmluftheizung Umluftheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 4 Strahlungs- / Luftheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 4385,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 6,60 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55 \text{ °C} / \theta_{RA} = 35 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 19,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 30 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

(2) Warmluftheizung Umluftheizung

Verteilung nicht vorgesehen

(3) Fußbodenheizung Nasssystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2
Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{\text{Nutz,Heizbereich}} = 878,0$
 m^2 , Geschosshöhe i.M. = 4,20 m, 1 Geschosse.
Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{\text{VA}} = 35^\circ\text{C} / \theta_{\text{RA}} = 28^\circ\text{C}$, $T_{\text{i,Soll,<6>}} = 20,0^\circ\text{C}$
Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 44 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

(4) Fußbodenheizung Nasssystem

Verteilung nicht vorgesehen

(5) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 1 Etagenringtyp,
Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{\text{Nutz,Heizbereich}} = 437,5 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 2
Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{\text{VA}} = 55^\circ\text{C} / \theta_{\text{RA}} = 35^\circ\text{C}$, $T_{\text{i,Soll,<8>}} = 21,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 18 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

(6) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr

Verteilung nicht vorgesehen

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Warmluftheizung Umluftheizung			
Leitungslängen l_i	692,0 m	11,6 m	122,7 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
(3) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	466,8 m	34,5 m	- m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
(5) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	133,7 m	9,4 m	91,3 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Warmluftheizung Umluftheizung									
$\beta_{\text{h,d}}$		0,06	0,17	0,29	0,36	0,36	0,34	0,27	
$\theta_{\text{VL,av}}$	°C	21,7	26,2	30,8	33,4	33,3	32,5	30,1	
$\theta_{\text{RL,av}}$	°C	20,2	22,2	24,2	25,4	25,3	25,0	23,9	
$Q_{\text{h,d}}$	kWh	58	287	598	850	838	694	562	4.205
$W_{\text{h,d}}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{\text{I,h,d}}$	kWh	58	287	598	850	838	694	562	4.160

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,6 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,6 \%$
Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

(3) Fußbodenheizung Nasssystem

$\beta_{h,d}$		0,07	0,20	0,34	0,41	0,41	0,39	0,30	
$\theta_{VL,av}$	°C	21,3	23,4	25,6	26,7	26,6	26,3	25,1	
$\theta_{RL,av}$	°C	20,7	21,8	23,0	23,6	23,5	23,4	22,7	
$Q_{h,d}$	kWh	53	142	248	325	319	270	231	1.776
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	53	142	248	325	319	270	231	1.776

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,3 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,3 \%$
Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

(5) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr

$\beta_{h,d}$		0,15	0,29	0,44	0,52	0,51	0,49	0,41	
$\theta_{VL,av}$	°C	29,1	34,1	38,9	41,5	41,3	40,6	38,0	
$\theta_{RL,av}$	°C	24,3	26,4	28,4	29,4	29,4	29,1	28,0	
$Q_{h,d}$	kWh	95	165	278	375	370	311	266	2.247
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	95	165	278	375	370	311	266	2.247

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,3 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,3 \%$
Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

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

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

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

$Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)

mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) Warmluftheizung Umluftheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	8.455	25.797	43.342	55.661	55.057	46.866	41.538	310.273

(2) Warmluftheizung Umluftheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.951	12.004	20.115	25.793	25.515	21.728	19.283	144.032

(3) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$	kWh	2.862	8.307	13.898	17.685	17.329	14.831	12.955	98.332

(4) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$	kWh	1.512	4.396	7.350	9.347	9.159	7.840	6.852	51.992

(5) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	3.598	6.906	10.149	12.508	12.365	10.644	9.784	79.160

(6) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	1.362	2.622	3.839	4.719	4.665	4.018	3.701	29.911

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

Heizbereiche (1) (3) (5)

(1) Warmluftheizung Umluftheizung

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 1200 \text{ l}$, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0 \text{ °C}$ Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 4,8 \text{ kWh/d}$, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$ Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 172 \text{ W}$

(3) Fußbodenheizung Nasssystem

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 150 \text{ l}$, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0 \text{ °C}$ Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 2,6 \text{ kWh/d}$, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$ Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 66 \text{ W}$

(5) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 150 \text{ l}$, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0 \text{ °C}$ Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 2,6 \text{ kWh/d}$, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$ Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 53 \text{ W}$

$$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S} = \text{Speicherverluste (Gl.68)}$$

$$Q_{l,h,s} = Q_{h,s} \text{ bei Aufstellung im beheizten Bereich (ungeregelte Wärmeeinträge, Gl.69)}$$

$$W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000 = \text{Hilfsenergiebedarf (Gl.71)}$$

(1) Warmluftheizung Umluftheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	26	29	31	31	30	29	
$Q_{h,s}$	kWh	7	23	36	44	44	38	35	255
$W_{h,s}$	kWh	7	22	37	47	47	40	35	265
$Q_{I,h,s}$	kWh	7	23	36	44	44	38	35	255

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

(3) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	23	25	26	26	26	25	
$Q_{h,s}$	kWh	3	7	11	13	13	11	10	79
$W_{h,s}$	kWh	3	10	16	21	21	18	15	117
$Q_{I,h,s}$	kWh	3	7	11	13	13	11	10	79

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

(5) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	27	30	34	36	36	35	33	
$Q_{h,s}$	kWh	14	22	29	34	34	30	29	248
$W_{h,s}$	kWh	6	12	17	21	21	18	16	133
$Q_{I,h,s}$	kWh	14	22	29	34	34	30	29	248

Aufteilung $Q_{l,h,s}$: nach Grundflächenanteilen**13.8 solare Heizungsunterstützung**

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1) (3) (5)

(1) Warmluftheizung Umluftheizung

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

für Heizung und WW, 151,2 kW

Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,8 bei A7/W35

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

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

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

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

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

(3) Fußbodenheizung Nasssystem

Wärmepumpe 2, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010

für Heizung und WW, 39,8 kW

Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,8 bei A7/W35

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

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

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

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

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

(5) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr

Wärmepumpe 3, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010

für Heizung und WW, 26,0 kW

Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,8 bei A7/W35

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

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

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

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

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

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

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

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

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

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

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 3,09

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	8.462	25.819	43.378	55.705	55.101	46.904	41.573	310.528
COP		4,12	3,58	3,18	2,93	2,96	3,00	3,23	
$t_{ON,g,d}$	h/d	1,9	5,9	10,8	14,2	13,7	13,2	10,2	
$Q_{h,f}$	kWh	2.405	7.463	13.694	18.411	17.698	15.444	13.105	98.074
$Q_{h,f,bu}$	kWh	-	-	437	2.241	3.514	1.281	302	7.802
$Q_{h,f,sum}$	kWh	2.405	7.463	14.132	20.652	21.212	16.725	13.407	105.876
$Q_{h,in}$	kWh	6.057	18.356	29.246	35.053	33.889	30.180	28.166	204.652

Wärmepumpe 2, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 3,53

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,outg}	kWh	2.865	8.314	13.909	17.698	17.341	14.842	12.965	98.411
COP		4,67	4,01	3,68	3,45	3,48	3,48	3,69	
t _{ON,g,d}	h/d	2,4	7,0	12,9	15,9	15,3	15,0	11,7	
Q _{h,f}	kWh	718	2.138	3.808	4.792	4.584	4.127	3.591	26.539
Q _{h,f, bu}	kWh	-	188	302	1.412	1.764	808	265	4.762
Q _{h,f, sum}	kWh	718	2.326	4.111	6.203	6.348	4.935	3.856	31.301
Q _{h,in}	kWh	2.147	5.988	9.798	11.495	10.994	9.907	9.110	67.110

Wärmepumpe 3, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 2,94

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,outg}	kWh	3.612	6.929	10.178	12.542	12.399	10.674	9.813	79.409
COP		4,12	3,31	2,91	2,73	2,72	2,77	2,96	
t _{ON,g,d}	h/d	4,7	8,5	14,8	17,8	17,1	17,0	13,8	
Q _{h,f}	kWh	1.027	1.985	3.416	4.203	4.059	3.630	3.268	25.457
Q _{h,f, bu}	kWh	-	526	261	1.141	1.414	677	270	4.478
Q _{h,f, sum}	kWh	1.027	2.512	3.678	5.344	5.474	4.307	3.537	29.935
Q _{h,in}	kWh	2.585	4.417	6.500	7.199	6.925	6.367	6.276	49.473

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (2) (4) (6)

(2) "Warmluftheizung Umluftheizung", Zonen 1/2/3/7 (A_{NGF} = 4.385 m²)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), P_n = 71,1 kW (Erdgas)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i = 20 °C, innerhalb der thermischen Hülle

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung t_{w,100,Jan} = 0,00 h/d

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand η_{k,Pn} = 0,959 (Nennlast), η_{k,Pint} = 1,049 (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust q_{P0,70} = 0,0073 kW, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar P_{gen,Pn} = 4,41 kW, P_{gen,Pint} = 1,05 kW, P_{gen,P0} = 0,08 kW (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme P_{aux,Pn} = 0,349 kW, P_{aux,Pint} = 0,116 kW, P_{aux,P0} = 0,015 kW

(4) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 4/5/6 (A_{NGF} = 878 m²)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), P_n = 21,4 kW (Erdgas)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i = 20 °C, innerhalb der thermischen Hülle

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung t_{w,100,Jan} = 1,05 h/d

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand η_{k,Pn} = 0,953 (Nennlast), η_{k,Pint} = 1,043 (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust q_{P0,70} = 0,0117 kW, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar P_{gen,Pn} = 1,31 kW, P_{gen,Pint} = 0,32 kW, P_{gen,P0} = 0,02 kW (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme P_{aux,Pn} = 0,196 kW, P_{aux,Pint} = 0,065 kW, P_{aux,P0} = 0,015 kW

(6) "freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr", Zonen 8/9/10 (A_{NGF} = 437 m²)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), P_n = 10,1 kW (Erdgas)

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i = 20 °C, innerhalb der thermischen Hülle

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung t_{w,100,Jan} = 1,69 h/d

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand η_{k,Pn} = 0,950 (Nennlast), η_{k,Pint} = 1,040 (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust q_{P0,70} = 0,0159 kW, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar $P_{\text{gen},P_n} = 0,74 \text{ kW}$, $P_{\text{gen},P_{\text{int}}} = 0,17 \text{ kW}$, $P_{\text{gen},P_0} = 0,03 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{\text{aux},P_n} = 0,137 \text{ kW}$, $P_{\text{aux},P_{\text{int}}} = 0,046 \text{ kW}$, $P_{\text{aux},P_0} = 0,015 \text{ kW}$

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

$\beta_{h,1} = P_{d,\text{in}} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$

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

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

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

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

(2) Warmluftheizung Umluftheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,\text{outg}}$	kWh	3.951	12.004	20.115	25.793	25.515	21.728	19.283	144.032
$\beta_{h,1}$		0,16	0,42	0,61	0,69	0,69	0,66	0,58	
$Q_{h,\text{gen},1}$	kWh	672	1.500	2.153	2.616	2.579	2.231	2.065	16.299
$Q_{h,f}$	kWh	4.110	12.585	21.251	27.335	27.034	23.003	20.348	152.012
$W_{h,\text{gen}}$	kWh	30	68	105	132	131	112	102	809
$Q_{I,h,\text{gen}}$	kWh	3	11	21	30	29	24	20	150

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

(4) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,\text{outg}}$	kWh	1.512	4.396	7.350	9.347	9.159	7.840	6.852	51.992
$\beta_{h,1}$		0,15	0,41	0,64	0,75	0,73	0,71	0,58	
$Q_{h,\text{gen},1}$	kWh	214	450	618	738	728	634	596	4.756
$Q_{h,f}$	kWh	1.583	4.622	7.773	9.906	9.704	8.303	7.238	54.933
$W_{h,\text{gen}}$	kWh	22	46	71	89	87	75	67	554
$Q_{I,h,\text{gen}}$	kWh	2	4	7	8	8	7	6	48

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

(6) freie Heizflächen 55 / 35°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,\text{outg}}$	kWh	1.362	2.622	3.839	4.719	4.665	4.018	3.701	29.911
$\beta_{h,1}$		0,57	0,97	1,09	1,12	1,11	1,10	1,05	
$Q_{h,\text{gen},1}$	kWh	83	179	277	350	345	295	264	2.100
$Q_{h,f}$	kWh	1.445	2.800	4.116	5.069	5.010	4.314	3.965	32.010
$W_{h,\text{gen}}$	kWh	26	42	58	69	68	59	56	488
$Q_{I,h,\text{gen}}$	kWh	2	4	6	8	8	7	6	51

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

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	11.288	32.308	55.059	74.510	74.781	61.586	52.351	406.068
W_h	kWh	94	200	305	380	375	322	293	2.367
Strom-Mix	kWh	4.151	12.301	21.920	32.200	33.033	25.966	20.800	167.112
Erdgas	kWh	7.137	20.008	33.139	42.311	41.747	35.620	31.551	238.955
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,6	2,5	5,4	7,3	7,2	6,6	4,9	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,6	2,8	6,0	8,1	8,0	7,4	5,4	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,1	0,6	1,3	1,7	1,7	1,6	1,2	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,5	1,3	2,4	3,1	3,0	2,8	2,2	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,4	1,1	2,0	2,5	2,4	2,3	1,8	

$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	1,0	2,5	4,5	5,6	5,5	5,2	4,0
$Q_{I,h,<7>}$	kWh/d	1,0	4,4	9,2	12,6	12,4	11,4	8,4
$Q_{I,h,<8>}$	kWh/d	2,8	4,6	7,8	10,1	10,0	9,3	7,3
$Q_{I,h,<9>}$	kWh/d	0,5	0,9	1,5	1,9	1,9	1,7	1,4
$Q_{I,h,<10>}$	kWh/d	0,4	0,7	1,1	1,4	1,4	1,3	1,0

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Warmwasser	10/	8.946	1,80	1,00	16.102
Erdgas	Warmwasser	5/10/	10.154	1,10	1,11	10.063
Strom-Mix	Heizwärme	*	167.112	1,80	1,00	300.802
Erdgas	Heizwärme	**	238.955	1,10	1,11	236.803
Strom-Mix	Beleuchtung	***	59.853	1,80	1,00	107.736
Strom-Mix	Hilfsenergie		34.921	1,80	1,00	62.857
Σ [kWh/Jahr]			519.941			734.363

* = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/

** = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/

*** = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 734.363 / 5.701 = 128,8$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 5.701$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 519.941 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = $8945,7 + 9147,8 + 167112,4 + 215275,1 + 59853,3 + 34920,6 = 495255$ kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 6,1 kWh/(m²a), Strom-Mix 41,4 kWh/(m²a), Erdgas 43,7 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
Strom-Mix	8.946	560	5.010	
Erdgas	9.148	240	2.196	
Strom-Mix	167.112	560	93.583	
Erdgas	215.275	240	51.666	
Strom-Mix	59.853	560	33.518	
Strom-Mix	34.921	560	19.556	
495.255			205.527	36,1

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt Zone	m ²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> Hockeyhalle 2	1.079	-	12.348	-	-	79.377	91.725
<2> Hockeyhalle 1	1.196	-	13.620	-	-	80.539	94.158
<3> Tribüne Hocke	256	-	536	-	-	13.513	14.049
<4> Verkehrsfläch	240	-	594	-	-	15.695	16.289
<5> Sanitärbereic	196	-	1.073	-	10.316	14.990	26.379
<6> Fitness	442	-	6.451	-	-	55.553	62.004
<7> Tennishalle	1.854	-	21.217	-	-	84.485	105.702
<8> Seminar	329	-	3.783	-	-	47.730	51.514
<9> Technik	62	-	26	-	-	5.308	5.334
<10> Sanitärberei	47	-	205	-	8.786	8.908	17.899
Gebäude	5.701	-	59.854	-	19.100	406.096	485.051

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	5,7	10,5	0,0	5,5	110,9	132,6
Endenergiebedarf	5,7	10,5	0,0	3,4	71,6	91,2
Primärenergiebedarf	10,2	18,9	0,0	4,6	95,1	128,8

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

15.0 Nachweise

für ein bestehendes Gebäude

Referenzberechnung = "5451-Gebäude-Referenz2020"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte" (140%-Regel)

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 50

zul $q_{P,REF} = 1.4 \cdot 154,8 = 216,8 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (140%-Regel), aus der Referenzberechnung

vorh $q_P = 734.363 / 5700,7 = 128,8 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

vorh $q_P = 128,8 \leq 216,8 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

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 762.094 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien

1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a
2. aus elektrischen Wärmepumpen	512.986 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	512.986 kWh/a	67 %
----------------------------	---------------	------

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 512985,5/762094,4 \cdot 100 = 67\%$ (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

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

Faltmodelle (Flächen- und Volumenberechnung)

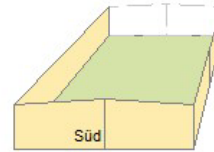
1. Hockeyhalle 2

Grundriss, Zone <1>Hockeyhalle 2



Hüllflächen	1952,6 m²	Öffnungen	Bauteil
0100 FG	1116,0		Bodenplatte-Randbereich
0101 FAW Süd	38,0		Sockel-Sandwichelement
0102 0102 FAW Süd	82,3	4,7	Isowand
0103 0103 FAW Ost	155,7	4,5	Isowand
0104 0104 FAW Ost	120,0		Isowand
0105 0105	82,3		
0106 0106	82,4		
0107 0107 FAW West	275,8	4,7	Isowand
0108			

h = 6,58 m, hR = 6,28 m, hSt = 2,40 m, V = 7340 m³, AN = 2349 m², NGf = 1079,2 m²



(FD)

Isowand (FAW)



Isowand Hockeyhallen (R)
U = 0,36 W/(m²K)

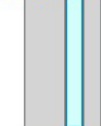
(FF)

Bodenplatte-Randbereich (FG)



Bodenplatte-Randbereich (G2)
U = 0,27 W/(m²K)

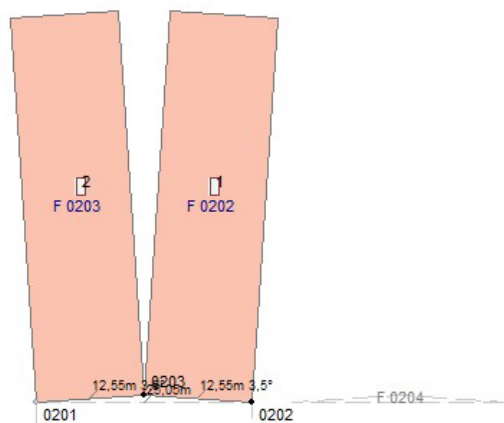
Sockel-Sandwichelement



Sockel-Sandwichelement
U = 0,36 W/(m²K)

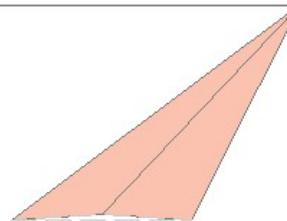
2. Deckflächen Hockeyhalle 2

Ansicht, Zone <1>Hockeyhalle 2

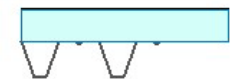


Hüllflächen	2234,2 m²	Öffnungen	Bauteil
0200			
0201	1116,0		
0202 0202 FD Ost 4°	559,1	2,0	TrapezblechdachHockeyhallen
0203 0203 FD West 4°	559,1	4,0	TrapezblechdachHockeyhallen
0204			

t = 1,00 m, hSt = 2,40 m, V = 10 m³, AN = 3 m², NGf = 0,0 m²



TrapezblechdachHockeyhallen (FD)



TrapezblechdachHockeyhallen (G2)
U = 0,27 W/(m²K)

(FAW)

Lichtkuppel (FF)



Lichtkuppel mit Aufbauelement (MF)
U = 2,00 W/(m²K)

(FG)

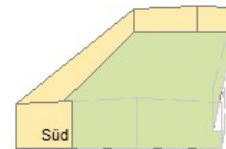
3. Hockeyhalle 1

Grundriss, Zone <



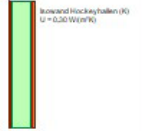
Hüllflächen	2138,7 m²	Öffnungen	Bauteil
0300 FG	1222,5		Bodenplatte-Randbereich
0301 FAW Süd	49,5	4,7	Isowand
0302	1,0		
0303	60,9		
0304	78,9		
0305	40,9		
0306	11,5		
0307	252,1		
0308 FAW Nord	67,4	4,7	Isowand
0309 FAW Nord	110,3	4,7	Isowand
0310 FAW West	243,6		Sockel-Sandwichelement
0311			

h = 6,63 m, hR = 6,28 m, hSt = 2,40 m, V = 8108 m³, AN = 2595 m², NGf = 1196,0 m²



(FD)

Isowand (FAW)



(FF)

Bodenplatte-Randbereich (FG)

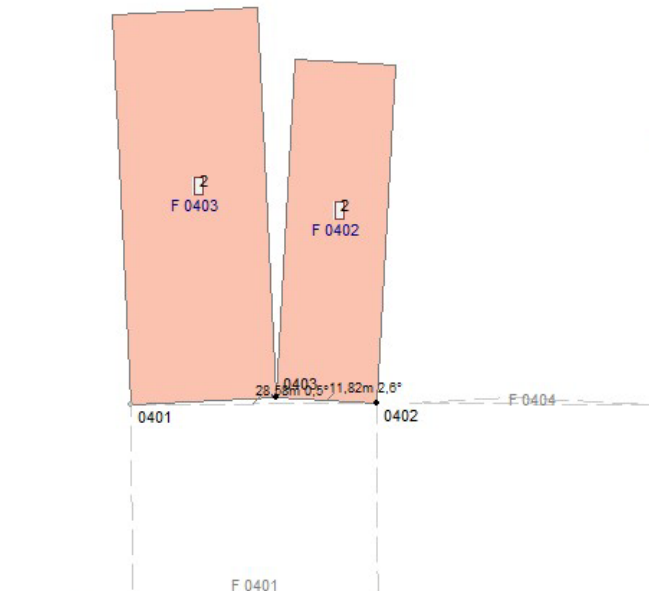


Sockel-Sandwichelement



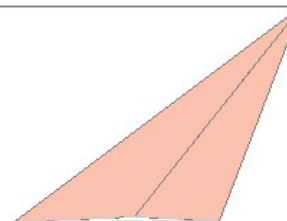
4. Deckflächen Hockeyhalle 1

Ansicht, Zone <2> Hockeyhalle 1

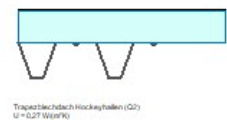


Hüllflächen	2431,6 m²	Öffnungen	Bauteil
0400			
0401	1207,8		
0402 FD Ost 3°	464,5	4,0	TrapezblechdachHockeyhallen
0403 FD West 3°	759,2	4,0	TrapezblechdachHockeyhallen
0404			

t = 1,00 m, V = 9 m³, AN = 3 m², NGf = 0,0 m²



TrapezblechdachHockeyhallen (FD)



(FAW)

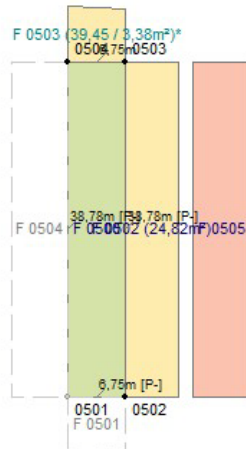
Lichtkuppel (FF)



(FG)

5. Tribüne Hockeyhalle 1

Grundriss, Zone <3>Tribüne Hockeyhalle 1



1m²			
Hüllflächen	883,0 m²	Öffnungen	Bauteil
0500 FG	261,8		Bodenplatte-Randbereich
0501	42,8		
0502 0502 FAW Ost	24,8		Isowand
0503 0503 FAW Nord	39,4		Sockel-Sandwichelement
0504 0504	252,1		
0505 0505 FD	262,0		TrapezblechdachHockeyhallen

h = 6,35 m, hR = 6,05 m, hSt = 2,40 m, V = 1661 m³, AN = 532 m², NGf = 256,0 m²

TrapezblechdachHockeyhallen (FD)



Trapezblechdach Hockeyhallen (G2)
U = 0,27 W/(m²K)

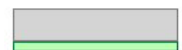
Isowand (FAW)



Isowand Hockeyhallen (K)
U = 0,20 W/(m²K)

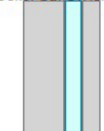
(FF)

Bodenplatte-Randbereich (FG)



Bodenplatte-Randbereich (G2)
U = 0,51 W/(m²K)

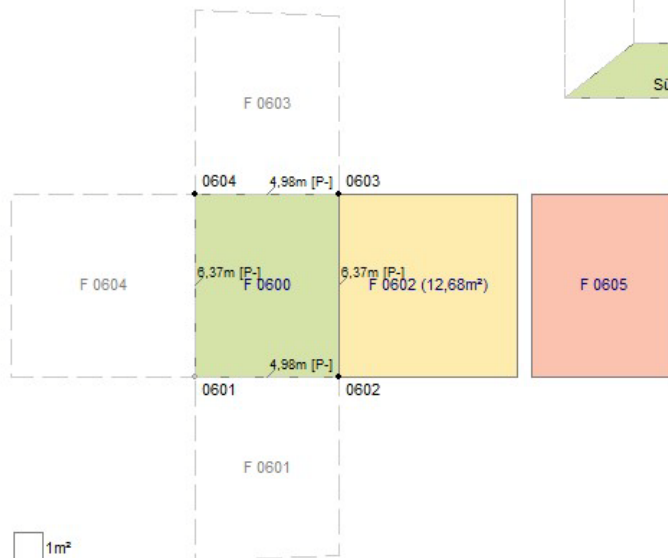
Sockel-Sandwichelement



Sockel-Sandwichelement
U = 0,26 W/(m²K)

6. Erschließung

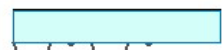
Grundriss, Zone <4>Verkehrsflächen



1m²			
Hüllflächen	179,9 m²	Öffnungen	Bauteil
0600 FG	31,7		Bodenplatte-Randbereich
0601	31,4		
0602 0602 FAW Ost	12,7		IsowandHalleA
0603 0603	31,4		
0604 0604	40,9		
0605 0605 FD	31,8		TrapezblechdachHockeyhallen

h = 6,31 m, hR = 6,01 m, hSt = 2,40 m, V = 200 m³, AN = 64 m², NGf = 28,1 m²

TrapezblechdachHockeyhallen (FD)



Trapezblechdach Hockeyhallen (G2)
U = 0,27 W/(m²K)

IsowandHalleA (FAW)



Isowand HalleA (K)
U = 0,20 W/(m²K)

(FF)

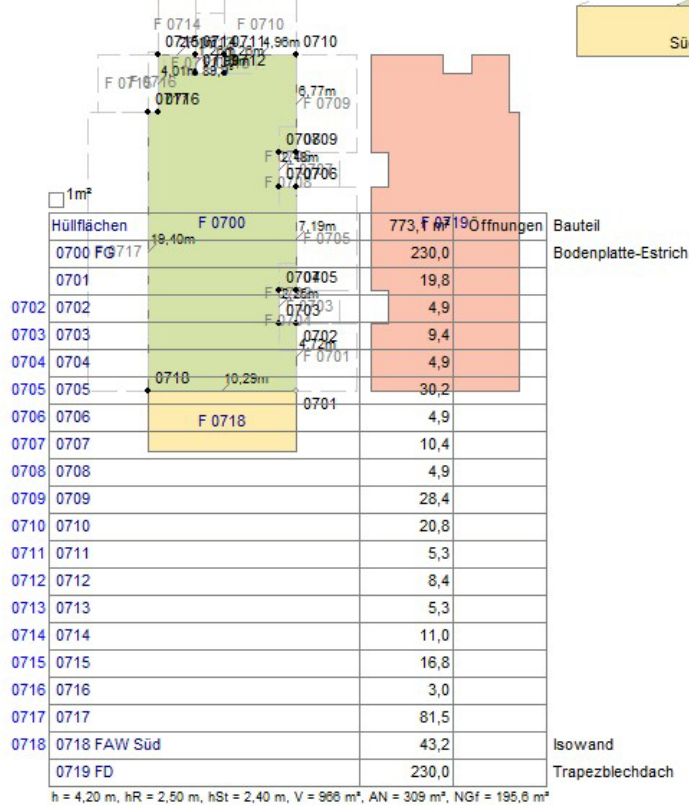
Bodenplatte-Randbereich (FG)



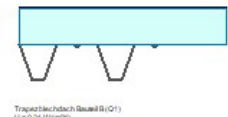
Bodenplatte-Randbereich (G2)
U = 0,51 W/(m²K)

7. Sanitärbereich neu

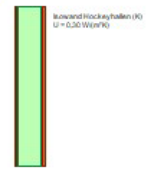
Grundriss, Zone <5>Sanitärbereich neu



Trapezblechdach (FD)

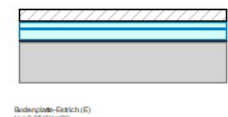


Isowand (FAW)



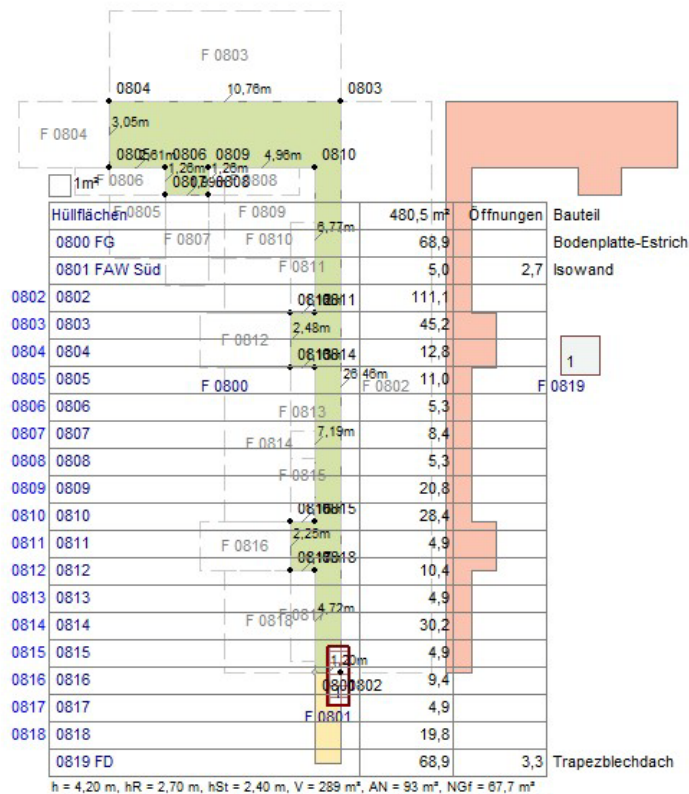
(FF)

Bodenplatte-Estrich (FG)

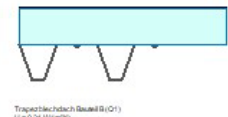


8. Flur-a

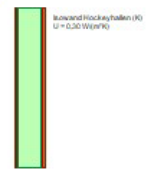
Grundriss, Zone <4>Verkehrsflächen



Trapezblechdach (FD)



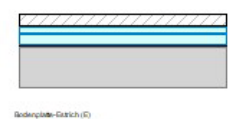
Isowand (FAW)



Lichtkuppel (FF)

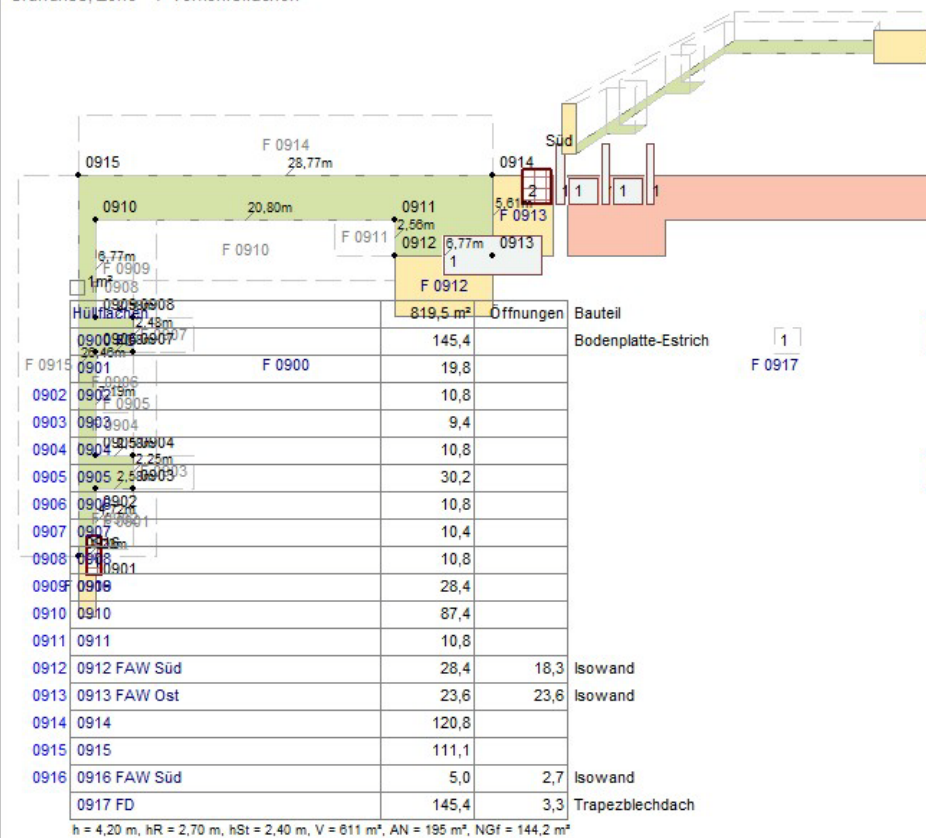


Bodenplatte-Estrich (FG)

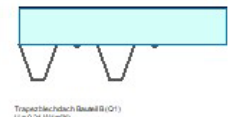


9. Flur-b

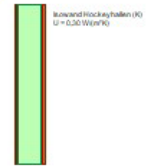
Grundriss, Zone <4>Verkehrsflächen



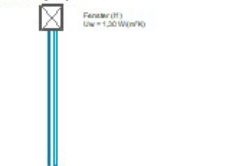
Trapezblechdach (FD)



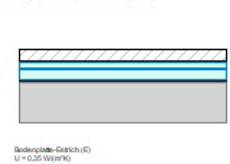
Isowand (FAW)



Fenster (FF)

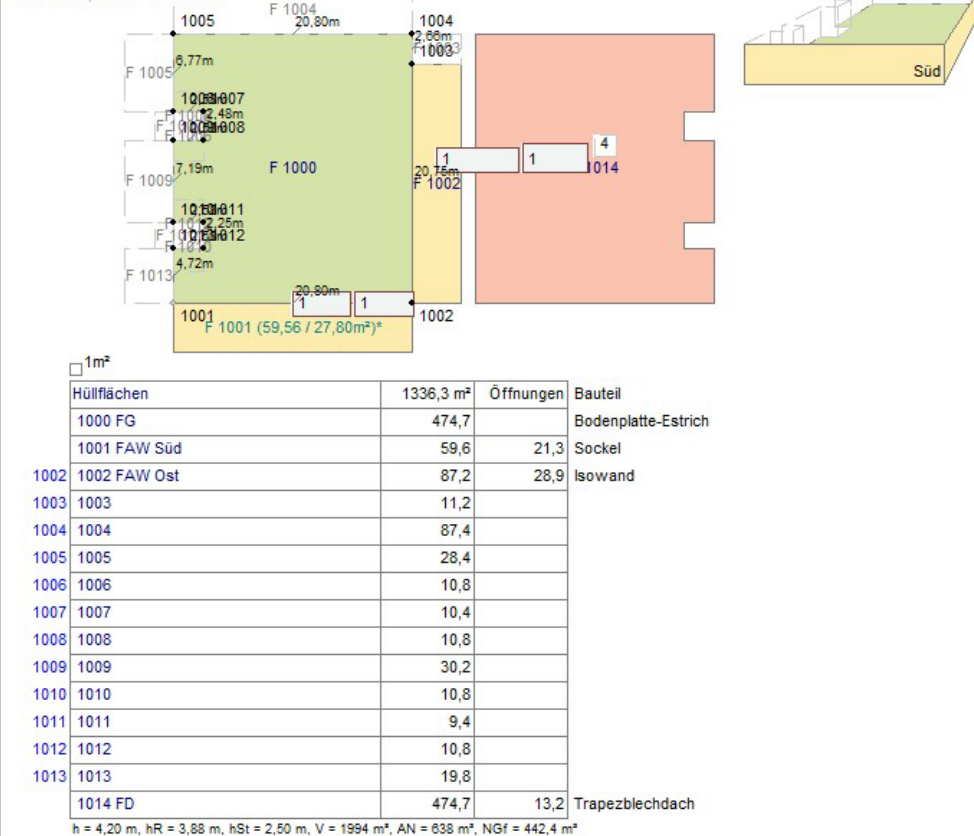


Bodenplatte-Estrich (FG)



10. Fitness

Grundriss, Zone <6>Fitness



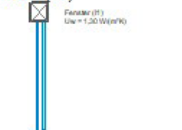
Trapezblechdach (FD)



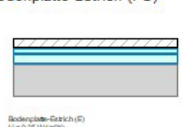
Isowand (FAW)



Fenster (FF)



Bodenplatte-Estrich (FG)

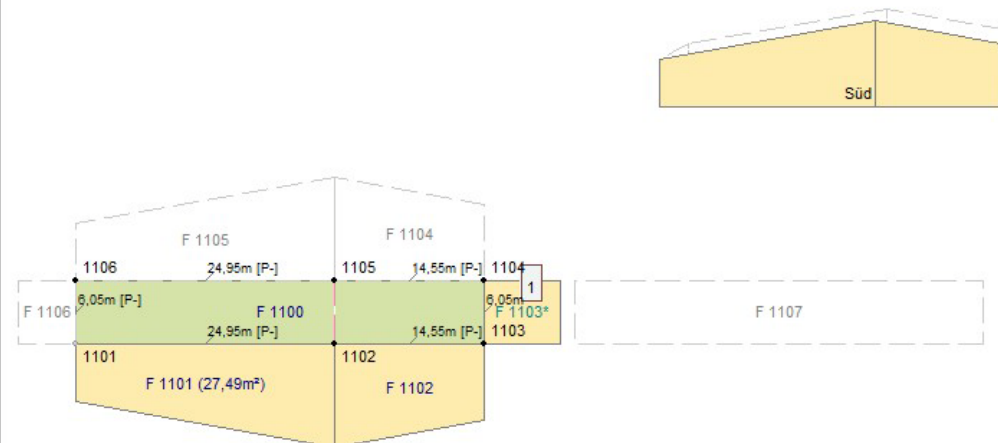


Sockel



11. Tennishalle neu

Grundriss, Zone <7>Tennishalle



Hüllflächen	790,4 m²	Öffnungen	Bauteil
1100 FG	239,0		BodenplatteHalleAneu
1101 FAW Süd	27,5		IsowandHalleA
1102 1102 FAW Süd	126,1		IsowandHalleA
1103 1103 FAW Ost	44,7	6,8	IsowandHalleA-MiWo
1104 1104	126,1		
1105 1105	193,4		
1106 1106	33,6		
1107			

h = 8,08 m, hR = 7,78 m, hSt = 2,40 m, V = 1932 m³, AN = 618 m², NGf = 225,7 m²

(FD)

IsowandHalleA (FAW)

Isowand Bauteil AC (1,1)
U = 0,20 W/(m²K)

Fenster (FF)

Fenster (FF)
U_W = 1,30 W/(m²K)

BodenplatteHalleAneu (FG)



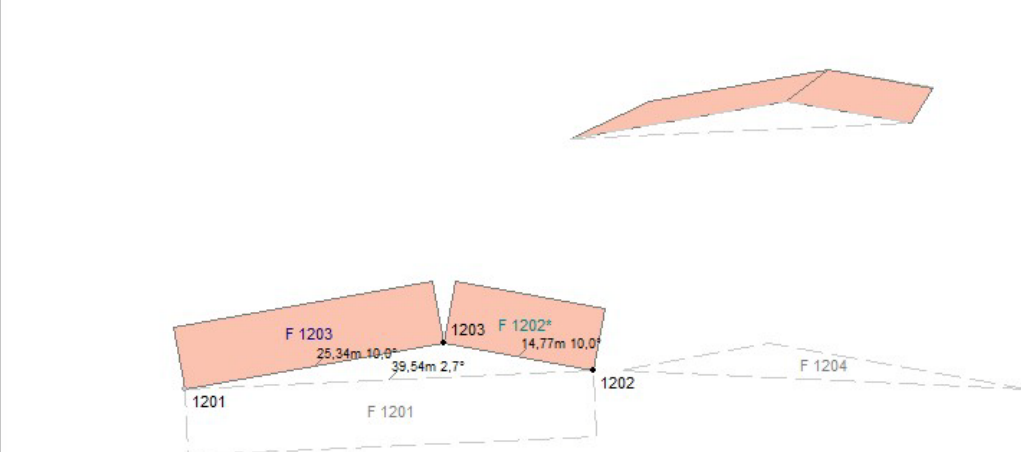
Bodenplatte Halle Aneu (F2)
U = 0,21 W/(m²K)

IsowandHalleA-MiWo

Isowand Bauteil AC - MiWo (1,2)
U = 0,20 W/(m²K)

12. Deckflächen Tennishalle neu

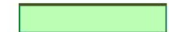
Ansicht, Zone <7>Tennishalle



Hüllflächen	494,5 m²	Öffnungen	Bauteil
1200			
1201	251,9		
1202 1202 FD Ost 10°	89,4		ThermodachHalleA-MiWo
1203 1203 FD West 10°	153,3		ThermodachHalleA
1204			

t = 1,00 m, hSt = 2,40 m, V = 64 m³, AN = 20 m², NGf = 0,0 m²

ThermodachHalleA (FD)



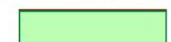
Thermodach Bauteil AC (P1)
U = 0,14 W/(m²K)

(FAW)

(FF)

(FG)

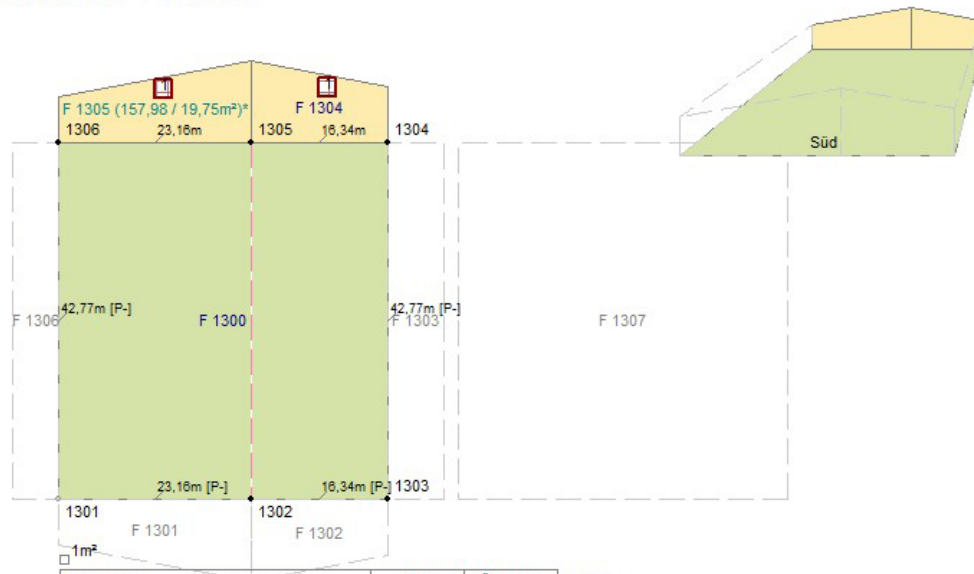
ThermodachHalleA-MiWo



Thermodach Bauteil AC - MiWo (P2) F 1202
U = 0,30 W/(m²K)

13. Tennishalle Bestand

Grundriss, Zone <7>Tennishalle

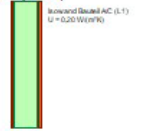


Hüllflächen	2824,6 m²	Öffnungen	Bauteil
1300 FG	1689,4		BodenplatteHalleABestand
1301	177,8		
1302	135,6		
1303	290,8		
1304	135,6	4,5	IsowandHalleA
1305	158,0	4,5	Sockel
1306	237,4		
1307			

h = 7,93 m, hR = 7,63 m, hSt = 2,40 m, V = 13389 m³, AN = 4285 m², NGf = 1628,3 m²

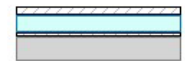
(FD)

IsowandHalleA (FAW)



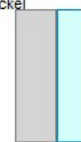
(FF)

BodenplatteHalleABestand (FG)



BodenplatteHalleABestand (F1)
U = 0,20 W/(m²K)

Sockel



Sockel/W1 (F1305)
U = 0,28 W/(m²K)

14. Deckflächen Tennishalle Bestand

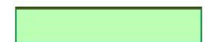
Ansicht, Zone <7>Tennishalle



Hüllflächen	3426,1 m²	Öffnungen	Bauteil
1400			
1401	1708,4		
1402	710,8	3,0	ThermodachHalleA
1403	1006,8	4,5	ThermodachHalleA
1404			

t = 1,00 m, hSt = 2,40 m, V = 69 m³, AN = 22 m², NGf = 0,0 m²

ThermodachHalleA (FD)



ThermodachHalleA (F1)
U = 0,14 W/(m²K)

(FAW)

LichtkuppelHalleA (FF)

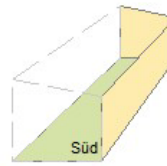
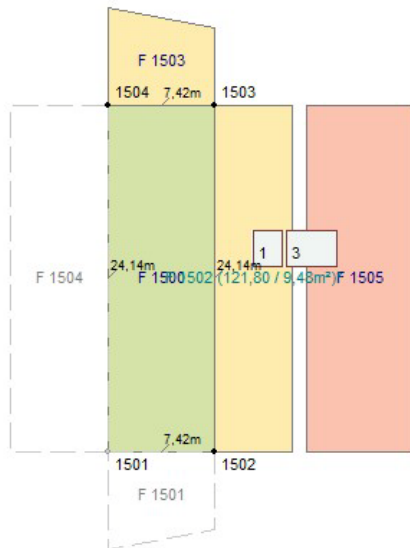


LichtkuppelHalleA (F1)
U = 1,20 W/(m²K)

(FG)

15. Seminar 2

Grundriss, Zone <8>Seminar



1m²

Hüllflächen	738,0 m²	Öffnungen	Bauteil
1500 FG	179,1		Bodenplatte massiv1969-78
1501	45,4		
1502 1502 FAW Ost	121,8	31,3	Socket
1503 1503 FAW Nord	45,4		IsowandHalleA
1504 1504	164,2		
1505 FD	182,1		ThermodachHalleA

h = 6,12 m, hR = 3,20 m, hSt = 2,50 m, V = 1096 m³, AN = 351 m², NGf = 159,5 m²

ThermodachHalleA (FD)



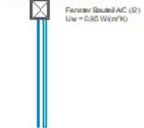
Thermodach Bauteil AC (P1)
U = 0,14 W/(m²K)

IsowandHalleA (FAW)



Isowand Bauteil AC (L1)
U = 0,20 W/(m²K)

FensterHalleA (FF)



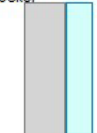
Fenster Bauteil AC (D)
Uw = 0,80 W/(m²K)

Bodenplatte massiv1969-78 (FG)



Bodenplatte Bauteil 1969-78 (D)
U = 1,20 W/(m²K)

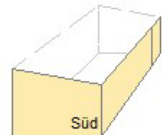
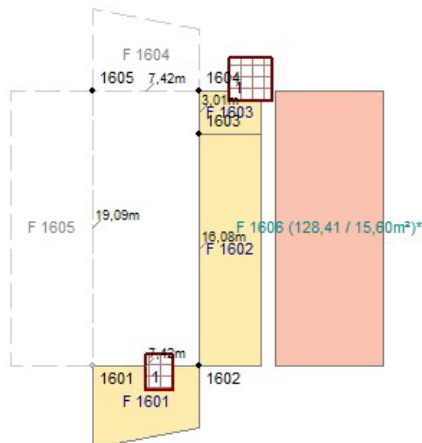
Socket



Socket Bauteil F' 1500
U = 0,28 W/(m²K)

16. Seminar 1

Grundriss, Zone <8>Seminar

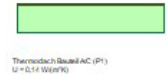


1m²

Hüllflächen	338,0 m²	Öffnungen	Bauteil
1600			
1601 FAW Süd	37,0	4,8	IsowandHalleA
1602 1602 FAW Ost - F 1704	14,3		IsowandHalleA
1603 1603 FAW Ost	13,0	9,1	IsowandHalleA
1604	37,0		
1605	108,2		
1606 FD	128,4		ThermodachHalleA-MiWo

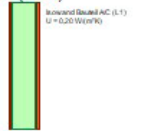
h = 4,99 m, hR = 2,63 m, hSt = 2,50 m, V = 707 m³, AN = 228 m², NGf = 148,6 m²

ThermodachHalleA (FD)



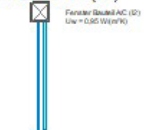
Thermodach Bauteil AC (P1)
U = 0,14 W/(m²K)

IsowandHalleA (FAW)



Isowand Bauteil AC (L1)
U = 0,20 W/(m²K)

FensterHalleA (FF)



Fenster Bauteil AC (D)
Uw = 0,80 W/(m²K)

(FG)

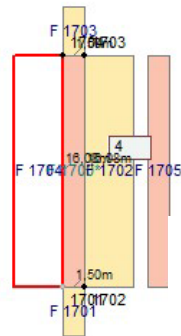
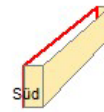
ThermodachHalleA-MiWo



Thermodach Bauteil AC - MiWo (P2) F' 1600
U = 0,30 W/(m²K)

17. Seminar 1a

Grundriss, Zone <8>Seminar



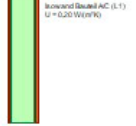
Hüllflächen	113,5 m²	Öffnungen	Bauteil
1700 FD	24,1		Deckenachuten
1701 FAW Süd	5,1		IsowandHalleA
1702 FAW Ost	55,0	18,1	IsowandHalleA
1703 FAW Nord	5,1		IsowandHalleA
1704 Abzug von F 1602			
1705 FD	24,1		FlachdachSeminar

h = 3,42 m, hSt = 2,50 m, V = 82 m³, AN = 26 m²

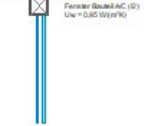
FlachdachSeminar (FD)



IsowandHalleA (FAW)

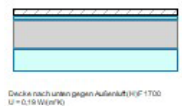


FensterHalleA (FF)



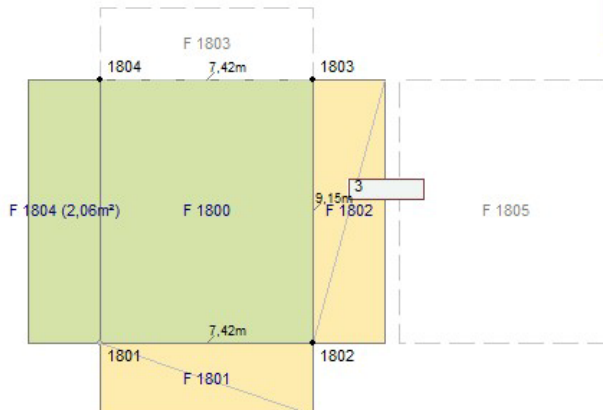
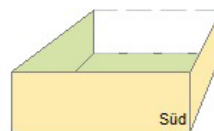
(FG)

Deckenachuten



18. Technikbereich UG

Grundriss, Zone <9>Technik



Hüllflächen	130,4 m²	Öffnungen	Bauteil
1800 FG	67,9		Bodenplatte massiv1969-78
1801 FAW Süd	18,7		AußenwandgegenErdreich
1802 FAW Ost	23,1	5,5	AußenwandgegenErdreich
1803	18,7		
1804 Fbw West	2,1		AußenwandgegenErdreich
1805			

h = 2,52 m, hR = 2,24 m, hSt = 2,40 m, V = 171 m³, AN = 55 m², NGf = 61,9 m²

(FD)

AußenwandgegenErdreich (FAW)



FensterHalleA (FF)

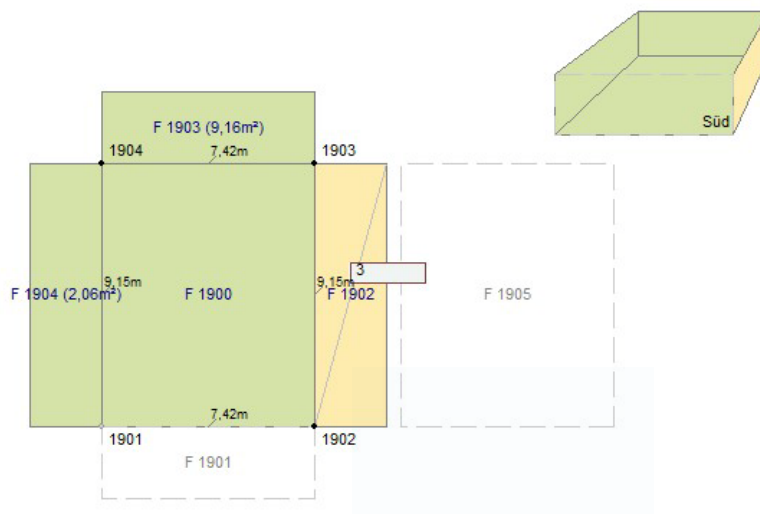


Bodenplatte massiv1969-78 (FG)



19. Sanitärbereich UG

Grundriss, Zone <10>Sanitärbereich Bestand



1m²

Hüllflächen	120,9 m²	Öffnungen	Bauteil
1900 FG	67,9		Bodenplatte massiv 1969-78
1901	18,7		
1902	23,1	5,5	AußenwandgegenErdreich
1903	9,2		AußenwandgegenErdreich
1904	2,1		AußenwandgegenErdreich
1905			

h = 2,52 m, hR = 2,32 m, hSt = 2,40 m, V = 171 m³, AN = 55 m², NGf = 46,9 m²

(FD)

AußenwandgegenErdreich (FAW)

Außenwand gegen Erdreich (D)
U = 1,02 W/(m²K)

FensterHalleA (FF)

Fenster Bauteil AC (D)
Uw = 0,95 W/(m²K)

Bodenplatte massiv 1969-78 (FG)

Bodenplatte massiv 1969-78 (D)
U = 1,20 W/(m²K)