

Softwaretest / Kommentierte Beispielberechnung zur DIN V 18599

am Projektbeispiel „Baumedienzentrum“ der Bürogemeinschaft „Archinea“, München

Hinweise zur Projektbearbeitung in Stichworten, Stand 2.1.2009

Berechnungen mit DÄMMWERK Bauphysik-Software, KERN ingenieurkonzepte

Vorwort und Resümee

Ohne die Arbeit der Kollegen von Archinea abwerten zu wollen, muss festgestellt werden, dass Softwaretests zum Thema DIN V 18599, Energetische Bewertung von Gebäuden derzeit (und auch in näherer Zukunft) nicht hilfreich sind, jedenfalls wenn sie sich auf reine Ergebnisvergleiche beschränken. Softwaretest sind bei Autoren beliebt, weil sie intensiv gelesen und diskutiert werden, jemandem geholfen haben sie noch nie. Auch in diesem Fall, wo die Softwarehersteller und Entwickler selbst die Berechnungen angefertigt haben, ergeben sich Ergebnisunterschiede, die man getrost wieder „erschreckend“ nennen darf. Selbst bei einfacheren Teilberechnungen, die man noch per Hand nachvollziehen könnte (HT-Werte, Energiebedarf für Beleuchtung usw.) sind deutliche Unterschiede festzustellen.

Da diese Umstände absehbar waren, haben wir uns mit der Bekanntgabe von Werten zurückgehalten. Unsere Werte liefern wir nachfolgend, allerdings mit vielen Erläuterungen und Hinweisen zu den gewählten Berechnungswegen und Annahmen.

Unsere Analyse des Berechnungsbeispiels (anhängend) erläutert einige der zahlreichen DIN V 18599-Dilemmas. Die Bilanzierung des unbeheizten Lagers, das an eine gekühlte Zone grenzt, haben wir ausführlich erörtert. Auch auf das Problem der Zulufttemperatur in Zonen mit Luftkonditionierung wird eingegangen.

Wir sind der festen Überzeugung, dass die Softwareentwickler nicht verblödet sind und eigentlich keine vorsätzlichen oder fahrlässigen Fehler machen. Klar ist aber auch, dass Software nur das leisten kann, was die Entwickler (nach bestem Wissen) hinein programmieren. In Sachen DIN V 18599 muss dabei an vielen Stellen vermutet, korrigiert, improvisiert und (eigenmächtig) ergänzt werden. Kein Wunder, wenn das am Ende zu anderen Ergebniswerten führt.

Für 2009 wurde eine zweite Novellierung der DIN V 18599 angekündigt. Wir hoffen, dass damit die jetzt bekannten Lücken und Ungereimtheiten in der Norm (wenigstens teilweise) beseitigt werden. Trotzdem sollten die ausführenden Ingenieur(innen) und ihre Berufsverbände auf zusätzliche Bearbeitungsrichtlinien drängen, die eine individuelle Kontrolle der Berechnungswege und Ergebnisse zulassen. Ansprechpartner sind das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (<http://www.bmvbs.de>) oder das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (www.bbr.bund.de).

Reales Gebäude

Die vollständigen Berechnungen zum realen Gebäude und zur Referenzwertermittlung finden Sie unter „www.bauphysik-software.de/download/DW-Berechnung.pdf“.

Wärmeverluste zum Erdreich

Problemstellung: Die unbeheizte Zone im Gebäude (Lager) grenzt an gekühlte Zonen im EG (Cafeteria, Küche). Nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.3.1 ist in solchen Fällen die Raumtemperatur in der unbeheizten Zone detailliert zu berechnen. Erschwerend kommt hinzu, dass der Wärmeverlust zum Erdreich mit Leitwerten (stationär / harmonisch) nach EN ISO 13370 berechnet werden soll. Die thermische Hülle (HT'-Wert, A / V-Verhältnis) endet an den trennenden Bauteilen zum unbeheizten Lager. Zur Berechnung der Raumtemperatur müssen aber auch die Wärmeströme über den unbeheizten Raum bilanziert werden.

Der Leitwert zum Erdreich wird für alle erdberührten Bauteile, Gesamtgebäude inklusive unbeheizter Zone berechnet (Wanddicke der Kellerwände und Durchgangswiderstand dabei geschätzt). Der stationäre Leitwert L_s wird für die HT-Bilanzen benötigt. Er wird nach (Grund-)flächenanteilen auf die beteiligten Zonen aufgeteilt (TRH 12,8%, WC Keller 6,6%, Lager konditioniert 59,9%, Lager unbeheizt 20,7%). Damit erhält man eine näherungsweise korrekte Grundlage für die Berechnung der Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne. Mit harmonischen Leitwerten (monatlicher Wärmefluss in [Watt]) wäre das nicht möglich.

Für die Berechnung der Temperatur in der unbeheizten Zone können (sollen) aber harmonische Leitwerte verwendet werden. Der monatlich veränderliche, harmonische Wärmestrom über das Erdreich (Gesamtgebäude) wird dazu vereinfacht mit einer konstanten Innentemperatur von 19°C berechnet (siehe unten). Die Wärmeströme werden wieder flächenanteilig auf die beteiligten Zonen aufgeteilt.

Leitwert zum Erdreich (EN ISO 13370:1998)

Thermischer Leitwert des beheizten Kellers (Bodenplatte + Kellerwände)

Erdreich
Bodenplatte

2.0 Sand oder Kies $\lambda = 2,00 \text{ W/mK}$
 $A = 484,4 \text{ m}^2$ $P = 132,6 \text{ m}$ $B' = 7,31 \text{ m}$
 Durchgangswiderstand $R_{si} + R_f + R_{se} = 0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$
 Kellerwände
 Wanddicke $\varpi = 0,20 \text{ m}$
 mittlere Höhe $z = 3,50 \text{ m}$
 Durchgangswiderstand $R_{si} + R_w + R_{se} = 2,86 \text{ m}^2\text{K/W}$

Stationärer thermischer Leitwert $L_s = A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} = 246,2 \text{ W/K}$ (EN ISO 13370, Gl.17)

Berechnung des Wärmestroms über das Erdreich für jeden Monat getrennt (EN ISO 13370)

Periodische Schwankungen der Innentemperatur werden vernachlässigt (DIN V 4108-6, E.1)

Periodische Eindringtiefe für das Erdreich "2.0 Sand oder Kies" $\delta = 3,2 \text{ m}$ (Tab. C.1)

Zeitrückstand für die Außentemperaturen $\beta = 1,0 \text{ Monat}$ (DIN V 4108-6/A1:2001, E.6)

Harmonischer, thermischer Leitwert infolge Außentemperaturschwankung (Bodenplatte + Wände)

$L_{pe} = 0,37 \cdot P \cdot \lambda \cdot [2 \cdot (1 - e^{-z/\delta}) \cdot \ln(\delta/d_w + 1) + e^{-z/\delta} \cdot \ln(\delta/d_t + 1)] = 94,9 \text{ W/K}$ (EN ISO 13370, C.11)

Monatlicher Wärmestrom über das Erdreich mit $\theta_i = 19,0 \text{ °C}$

$\Phi_{x,m} = L_s \cdot (\theta_i - \theta_e) + L_{pe} \cdot \theta_e \cdot \cos(2 \pi \cdot (m - \tau + \beta) / 12)$ [W] (DIN V 4108-6, E.6)

mit den Jahresmitteltemperaturen θ_i und θ_e , der Amplitude der Schwankung θ_e (10°C) und den Monatsnummern m (1..12) und $\tau = 1$

$\Phi_{x,m}$	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
[W]	3309	2962	2487	2012	1665	1538	1665	2012	2487	2962	3309	3436
$F_{x,m}$	0,45	0,40	0,34	0,27	0,23	0,21	0,23	0,27	0,34	0,40	0,45	0,47

Transmissionswärmetransfer (Hüllflächentabelle)

Zusammenstellung der wärmeübertragenden Hüllflächen (untenstehende Tabelle): Die HT-Werte der Hüllflächen sind in der Tabelle ohne Wärmebrückenzuschlag angegeben. Der wird separat ermittelt (zonenbezogen, ggf. detailliert oder pauschal nach Zonen) und später addiert.

Der HT-Wert von Wänden und Decken zu unbeheizten Zonen mit detailliert berechneter Temperatur (Anmerkung 44) wird für „HT“ mit dem Fx-Faktor „0.5“ gewichtet (EnEV 2007, Anhang 2, Abs.2.2, siehe unten). Der Transmissionswärmeverlust dieser Flächen zur Berechnung des Heizwärmebedarfs wird aber mit dem vollem HT-Wert und der realen, monatlichen Temperaturdifferenz ermittelt (HT,iz-Werte, siehe Heizwärmebedarf). Die Flächen zählen zur wärmeübertragenden Umfassungsfläche im „A/V-Verhältnis“ und sollen mit Wärmebrückenzuschlägen beaufschlagt werden (DIN V 18599-2, Abs.6.2.2, darüber kann man streiten).

Hüllflächen 44 ff.: Die HT-Werte der erdberührten Decken und Außenwände werden mit dem anteiligen, stationären Leitwert L_s beschrieben (siehe oben). Für die erdberührten Wände sind daher keine gesonderten Leitwerte auszuweisen. Wand- und Deckenflächen der beheizten Bereiche sind aber im A/V-Verhältnis zu berücksichtigen. Eine gesonderte Beaufschlagung mit Wärmebrückenzuschlägen erfolgt nicht (Anmerkung 53, DIN V 18599-2, 6.2.4).

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

Hüllfläche	Zone	A [m ²]	U [W/m ² K]	F _x [-]	Anmerkung	H _T [W/K]
Ausstellung						
1 FAW Nord	1:0	494,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	148,2
2 FF Nord	1:0	411,0	1,300	1,00	F _F 50 02	534,3
3 FAW West	1:0	112,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	33,6
4 FW Süd zur Garage	1:0	589,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	176,7
5 FD Dach	1:0	214,0	0,250	1,00	F _D 50 02	53,5
6 Decke zu unbeheizt	1:10	5,0	2,000	1,00	F _Z 50 62 44	10,0
7 Fw zu unbeheizt	1:10	10,0	3,000	1,00	F _w 50 62 44	30,0
Seminarraum						
8 FAW Nord	2:0	26,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	7,8
9 FF Nord	2:0	21,0	1,300	1,00	F _F 50 02	27,3
10 FAW West	2:0	141,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	42,3
11 FAW Süd	2:0	99,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	29,7
12 FF Süd	2:0	53,0	1,300	1,00	F _F 50 02	68,9
13 FD Dach	2:0	186,0	0,250	1,00	F _D 50 02	46,5
Büro						
14 FAW West	3:0	29,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	8,7
15 FAW Süd	3:0	17,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	5,1
16 Fw zur Garage	3:0	67,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	20,1
17 FF Süd	3:0	6,0	1,300	1,00	F _F 50 02	7,8
18 FAW Ost	3:0	29,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	8,7
19 FF Ost	3:0	10,0	1,300	1,00	F _F 50 02	13,0
20 Fz Decke zu unbeheizt	3:10	7,0	2,000	1,00	F _Z 50 62 44	14,0
Cafeteria						
21 FAW Süd	4:0	37,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	11,1
22 FF Süd	4:0	31,0	1,300	1,00	F _F 50 02	40,3
23 Fz zu unbeheizt	4:10	63,0	2,000	1,00	F _Z 50 62 44	126,0
24 Fw zu unbeheizt	4:10	12,0	3,000	1,00	F _w 50 62 44	36,0
Küche						
25 FAW West	5:0	15,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	4,5
26 FAW Süd	5:0	10,0	0,300	1,00	F _{AW} 50 02	3,0
27 FF Süd	5:0	4,0	1,300	1,00	F _F 50 02	5,2
28 Fz zu unbeheizt	5:10	11,0	2,000	1,00	F _Z 50 62 44	22,0
29 Fw zu unbeheizt	5:10	10,0	3,000	1,00	F _w 50 62 44	30,0
Sanitär / Müll						

30 Fw zu Garage	6:0	68,0	0,300	1,00	F _{AW}	50 02	20,4
31 FAW Ost	6:0	36,0	0,300	1,00	F _{AW}	50 02	10,8
32 Außentür	6:0	3,0	1,500	1,00	F _{AW}	50 02	4,5
33 FD Dach	6:0	24,0	0,250	1,00	F _D	50 02	6,0
<i>Treppenh / Aufzug</i>							
34 FAW Nord	7:0	153,0	0,300	1,00	F _{AW}	50 02	45,9
35 FAW West	7:0	29,0	0,300	1,00	F _{AW}	50 02	8,7
36 FAW Süd	7:0	123,0	0,300	1,00	F _{AW}	50 02	36,9
37 FAW Ost	7:0	93,0	0,300	1,00	F _{AW}	50 02	27,9
38 Fu zu Garage	7:0	171,0	0,300	1,00	F _{AW}	50 02	51,3
39 Außentür Süd	7:0	16,0	1,500	1,00	F _{AW}	50 02	24,0
40 FD Dach	7:0	61,0	0,250	1,00	F _D	50 02	15,3
41 FG Grundfläche	7:0	62,0	1,500	-	L _S	53 36 33	31,5
42 Fw zu unbeheizt	7:10	27,0	3,000	1,00	F _w	50 62 44	81,0
43 Fbw Kellerwand	7:0	86,0	0,350	-	L _S	53 38	
<i>WC / Keller</i>							
44 FG Grundfläche	8:0	32,0	1,500	-	L _S	53 36 33	16,3
45 Fbw Kellerwand	8:0	20,0	0,350	-	L _S	53 38	
<i>Lager konditioniert</i>							
46 FG Grundfläche	9:0	290,0	1,500	-	L _S	53 36 33	147,5
47 Fw zu unbeheizt	9:10	39,0	3,000	1,00	F _w	50 62 44	117,0
48 Fbw Kellerwand	9:0	305,0	0,350	-	L _S	53 38	
<i>Lager unbeheizt</i>							
49 FAW West	10:0	14,0	0,300	1,00	F _{AW}	50 02	4,2
50 FG Grundfläche	10:0	100,0	1,500	-	L _S	53 36 33	50,9
51 Fbw Kellerwand	10:0	84,0	0,350	-	L _S	53 38	

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 4.555,0$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 2.264,4$

Hüllflächen nicht beheizter Zonen $\Sigma A_{\text{unbeheizt}} = 198,0 \text{ m}^2$

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x-Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.3

02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).

33 Der thermische Leitwert L_S des beheizten Kellers wurde nach EN ISO 13370 gesondert berechnet (sh.

Bauteilberechnung).

35 Der thermische Leitwert für den teilweise beheizten Keller wurde für einen beheizten und einen unbeheizten Keller berechnet. Die ermittelten L_S-Werte werden flächenanteilig angewendet (EN ISO 13370, 12.2).

Die große thermische Trägheit des Erdreichs wird durch eine monatliche Berechnung des Wärmestroms nach EN ISO 13370, Anhang B berücksichtigt, sh. Heizwärme- / Kühlenergiebedarf. Der HT'-Nachweis wird demgegenüber mit dem stationären Leitwert geführt.

38 Der Leitwert des (Wand-)bauteils ist bereits im Leitwert des beheizten Kellers enthalten

44 Transmission zu angrenzenden Gebäudezonen, Wärmeverlust mit realem Temperaturgefälle

50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/m²K pauschal berücksichtigt.

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

62 opakes Bauteil zum unbeheizten Raum / Glasvorbau

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen siehe Hüllflächentabelle

$\Delta U_{\text{WB}} = 357,6 \text{ W/K (18,1 \%)} \text{, Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"}$

2.2 Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
<1> Ausstellung	1130	0	0	1130	40	0
<2> Seminarraum	275	0	0	275	0	0
<3> Büro	80	0	0	80	14	0
<4> Cafeteria	66	0	0	66	162	0
<5> Küche	18	0	0	18	52	0
<6> Sanitär / Müll	55	0	0	55	0	0
<7> Treppenhäuser / Aufzu	277	32	0	309	81	0
<8> WC / Keller	0	16	0	16	0	0
<9> Lager konditioniert	4	148	0	151	117	0
<10> Lager unbeheizt	6	51	0	56	0	466
	1910	246		2156	466	

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient
(nur beheizte Gebäudezonen)

$$H_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 2.332,5 / 4.357,0 = 0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Spezifischer Transmissionswärmetransferkoeffizient $H_{T,vorh}$

Der H_T -Anteil der Wärmebrücken ist mit 18.1% deutlich zu hoch. Energetisch richtiger wäre der Wärmebrückenzuschlag = 0.0%.

Die Transferkoeffizienten zur Außenluft $H_{T,D}$, zum Erdreich $H_{T,s}$ und zu unbeheizten Räumen $H_{T,iu}$ sind (falls erforderlich) bereits temperaturkorrigiert. $H_{T,iz}$ und in der umgekehrten Richtung $H_{T,zi}$ sind die Transferkoeffizienten zu angrenzenden Zonen in voller Höhe (Wärmestromberechnung mit der realen Temperaturdifferenz).

Berechnung von $H_{T,vorh}$:

$H_{T,vorh} =$

$$\begin{aligned} & (148,20 + 534,30 + 33,60 + 176,70 + 53,50 + 10,00 \cdot 0.5 + 30,00 \cdot 0.5 // \text{Zone 1 *} \\ & + 7,80 + 27,30 + 42,30 + 29,70 + 68,90 + 46,50 // \text{Zone 2} \\ & + 8,70 + 5,10 + 20,10 + 7,80 + 8,70 + 13,00 + 14,00 \cdot 0.5 // \text{Zone 3 *} \\ & + 11,10 + 40,30 + 126,00 \cdot 0.5 + 36,00 \cdot 0.5 // \text{Zone 4 *} \\ & + 4,50 + 3,00 + 5,20 + 22,00 \cdot 0.5 + 30,00 \cdot 0.5 // \text{Zone 5 *} \\ & + 20,40 + 10,80 + 4,50 + 6,00 // \text{Zone 6} \\ & + 45,90 + 8,70 + 36,90 + 27,90 + 51,30 + 24,00 + 15,25 + 31,54 + 81,00 \cdot 0.5 + 0.00 \\ & + 16,28 + 0,00 // \text{Zone 8 \#} \\ & + 147,53 + 117,00 \cdot 0.5 + 0,00 // \text{Zone 9 \#} \\ & + 183,50 + 52,60 + 16,50 + 14,30 + 5,00 + 13,10 + 67,30 + 3,90 // \text{WB-Zuschläge} \\ & (4555,0 - (14,0 + 100,0 + 84,0) - (// \text{Fläche A} \end{aligned}$$

* = $H_{T,iz}$ -Werte mit „0.5“ temperaturkorrigiert (siehe oben)

= H_T -Wert enthält L_s -Wert anteilig

Wärmebrückenzuschläge =

$$\begin{aligned} & +494,00 \cdot 0.10 + 411,00 \cdot 0.10 + 112,00 \cdot 0.10 + 589,00 \cdot 0.10 + 214,00 \cdot 0.10 + 5,00 \cdot 0.10 + 10,00 \cdot 0.10 + 26,00 \cdot 0.10 + 21,00 \cdot 0.10 + \\ & 141,00 \cdot 0.10 + 99,00 \cdot 0.10 + 53,00 \cdot 0.10 + 186,00 \cdot 0.10 + 29,00 \cdot 0.10 + 17,00 \cdot 0.10 + 67,00 \cdot 0.10 + 6,00 \cdot 0.10 + 29,00 \cdot 0.10 + 10,00 \\ & \cdot 0.10 + 7,00 \cdot 0.10 + 37,00 \cdot 0.10 + 31,00 \cdot 0.10 + 63,00 \cdot 0.10 + 12,00 \cdot 0.10 + 15,00 \cdot 0.10 + 10,00 \cdot 0.10 + 4,00 \cdot 0.10 + 11,00 \cdot 0.10 + 1 \\ & 0,00 \cdot 0.10 + 68,00 \cdot 0.10 + 36,00 \cdot 0.10 + 3,00 \cdot 0.10 + 24,00 \cdot 0.10 + 153,00 \cdot 0.10 + 29,00 \cdot 0.10 + 123,00 \cdot 0.10 + 93,00 \cdot 0.10 + 171,0 \\ & 0 \cdot 0.10 + 16,00 \cdot 0.10 + 61,00 \cdot 0.10 + 27,00 \cdot 0.10 + 39,00 \cdot 0.10 + 14,00 \cdot 0.10; (\text{nach Zonen}): 183,50 + 52,60 + 16,50 + \\ & 14,30 + 5,00 + 13,10 + 67,30 + 0,00 + 3,90 + 1,40 = 357,60 \end{aligned}$$

15.1 Nachweis HT'

Grenzwert nach EnEV'07

mit **Fensterflächenanteil 17,9 %**, $\vartheta_i \geq 19 \text{ °C}$, $A = 4.357 \text{ m}^2$, $V_e = 11.284$, $A/V_e = 0,39$

Grenzwert zul $H'_T = 0,30 + 0,15 / (A/V_e) = 0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ (EnEV 2007, Anlage 2, Tab.2)

vorh $H'_T = 0,54 \leq 0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$, Grenzwert wird eingehalten

=> Fensterflächen [m²]: $411,0 + 21,0 + 53,0 + 6,0 + 10,0 + 31,0 + 4,0 = 536,00$

=> Wandflächen [m²]: $494,0 + 112,0 + 589,0 + 10,0 + 26,0 + 141,0 + 99,0 + 29,0 + 17,0 + 67,0 + 29,0 + 37,0 + 12,0 + 15,0 + 10,0 + 10,0 + 68,0 + 36,0 + 3,0 + 153,0 + 29,0 + 123,0 + 93,0 + 171,0 + 16,0 + 27,0 + 39,0 = 2455,00$

=> Fensterflächenanteil $AF / (AW + AF)$: $(536,0)/(2455,0 + 536,0) = 0,18$

=> Hüllflächen zur Außenluft [m²] A: $4555,0 - 198,0 - 0,0 = 4357,00$

=> Bruttovolumen (beheizte / gekühlte Zonen) [m³] V: $(5984,0 + 1525,0 + 365,0 + 625,0 + 46,0 + 227,0 + 1513,0 + 95,0 + 904,0 + 431,0) - (431,0) = 11284,00$

Wärmeübertragende Umfassungsfläche $A = \text{Summe Hüllflächen} - \text{Hüllflächen unbeheizter Zonen zur Außenluft} - \text{Hüllflächen zu angrenzenden, beheizten Zonen} (=0)$.

Lüftungswärmeverluste und RLT-Systeme

- RLT-Systeme werden in DÄMMWERK nach Zonen berechnet, d.h. in den Zonen zu den RLT-Kreisen des Beispiels werden (abgesehen von den Volumenströmen) dieselben Anlageneinstellungen gewählt (kopiert).
- Die Volumenströme sind manuell nach Aufgabenstellung einzugeben.
- Die mehrfache Nennung derselben RLT-Anlage in verschiedenen Zonen sollte zu keinen Ergebnisabweichungen führen, da sowohl der Strombedarf der Ventilatoren, wie auch der Nutzenergiebedarf für Heizen, Kühlen und Befeuchten direkt vom (Teil)Volumenstrom abhängig sind.
- Hinweis: Volumenstrom-Unterdeckung führt (im Beispiel in allen Bereichen) zu erhöhten Luftwechselzahlen für Infiltration und Fensterlüftung. Wer meint, dass die Volumenströme / Luftwechselzahlen, die sich aus den Nutzungsrandbedingungen ergeben, allgemein zu groß angenommen werden, muss die Nutzungsrandbedingung „VA“ (Außenluftvolumenstrom) ändern.
- Die Zulufttemperaturen für Heizen und Kühlen (im Beispiel 21°C) weichen von den Referenzeinstellungen ab. Nach unseren Erfahrungen ist es leider nicht möglich / sinnvoll, für Heizen und Kühlen unterschiedliche Temperaturen einzustellen (technisch möglich), da es bei ganzjährigem Betrieb der Register (Standardeinstellung) Monate gibt, in denen sowohl die Heiz-, wie auch die Kühlregister (Tag / Nacht) in Betrieb sind. Man könnte in diesen Monaten nicht sagen, mit welcher Zulufttemperatur gerechnet werden soll, was Einfluss auf den Heizwärmebedarf hat (Ergebnis springt).
- Der Nutzkältebedarf für Raumklimatisierung / der RLT-Beitrag zur Raumklimatisierung kann bei 21°C nicht sehr hoch sein, steigt aber bei z.B. 18°C deutlich an. Zusätzliche Raumkühlung muss mit Raumklimageräten bewerkstelligt werden. Eine einfache Addition des verbleibenden Kältebedarfs zum RLT- Nutzkältebedarf ist unseres Erachtens nicht gewollt bzw. nirgendwo beschrieben. Möglich vielleicht schon?

Solare Wärmequellen

- Allgemeiner Verschattungsfaktor = 0.9
- „geff“ für die Fenster wird detailliert berechnet, da es für den vorgegebenen g-Wert keine Tabellenwerte gibt. In diesem Fall (ohne Sonnenschutzvorrichtung) unproblematisch, mit Sonnenschutzvorrichtung allerdings kaum zu machen, da die Berechnungsregeln widersprüchlich sind (siehe Beitrag „Erhebliche Fehler und Mängel“ auf unseren Internetseiten)
- solare Gewinne über opake Hüllflächen mit den tatsächlichen U-Werten, ansonsten Standards. Die Berechnung ist für die meisten Gebäude nicht sehr ergiebig (=sinnvoll).

Interne Wärmequellen

- Für den Ausstellungsbereich soll mit 5 Wh/m²d Personenabwärme gerechnet werden, Zonenrandbedingung = 96 Wh/m²d, Vergleichswert im Wohnungsbau = 120 Wh/m²d (5 W/m²).

Temperatur in der unbeheizten Kellerzone

Temperatur in unbeheizten Zonen (T₂, Gl.38)

$$\Rightarrow T_i = (\phi_{i,intern} + L_{s,harm} + \phi_{i,solar} + T_i \cdot HT_{i,z} + T_e \cdot (HT_{i,D} + HT_{i,S} + HV_{i,inf} + HV_{i,win} + HV_{i,mech})) / (HT_{i,D} + HT_{i,S} + HV_{i,inf} + HV_{i,win} + HV_{i,mech} + HT_{i,z})$$

$$\Rightarrow \text{darin interne Gewinne } \phi_{i,intern} [W] = Q_{i,RE} + Q_{i,L} + Q_{i,ww} + Q_{i,rv}, \text{ im WE-Betrieb} = Q_{i,WE} + Q_{i,rv}$$

⇒ Raumtemperatur in Zone <10> Lager unbeheizt, Regelbetrieb im Januar:

$$\Rightarrow ((0,0 + 0,5 + 0,0 + 0,0) \cdot 1000/24 - 683,7 - 1,2 \cdot 1000/(24 \cdot 31) + 19,7 \cdot (0,0 + 466,0) - 1,3 \cdot (5,6 + 50,9 - 50,9 + 16,4 + 11,7 + 0,0)) / (5,6 + 50,9 - 50,9 + 16,4 + 11,7 + 0,0 + 0,0 + 466,0) = 16,95$$

Darin sind „(0,0 + 0,5 + 0,0 + 0,0) * 1000/24“ die internen Wärmeeinträge, „0.5 kWh/Tag“ aus Leuchtenabwärme, „683,7 W“ = harmonischer Leitwert der erdberührten Bauteile vorzeichengerecht, „- 1,2 * 1000 / (24 * 31)“ die solaren Wärmeeinträge (Abstrahlung opaker Bauteile zur Außenluft), „19,7 * (0,0 + 466,0)“ die Raumtemperatur beheizt multipliziert mit den Transferkoeffizienten zu den beheizten Zonen, „- 1,3 * (5,6 + 50,9 - 50,9 + 16,4 + 11,7 + 0,0)“ die Außenlufttemperatur multipliziert mit den Transferkoeffizienten zur Außenluft und „5,6 + 50,9 - 50,9 + 16,4 + 11,7 + 0,0 + 0,0 + 466,0“ die Summe der Transferkoeffizienten zur Außenluft und zu den benachbarten Zonen. Ob diese Gleichung mit harmonischen Leitwerten wirklich funktioniert, oder ob zumindest im Nenner die stationären Leitwerte addiert werden müssten, wissen wir nicht.

Beleuchtungssysteme

- Tageslichtbereiche und Fensterflächen nach Aufgabenstellung
- Raumtiefenindex mit Referenzwerten, Verbauungsindex pauschal 0.9
- Beleuchtungsstärke, Glasparameter, Kontrollsysteme, Lampen, Präsenzfaktor, Betriebsstunden zur Tag- / Nachtzeit nach Aufgabenstellung oder Referenzwerte
- Zone 10 (unbeheizter Keller) wird berücksichtigt (⇒ Leuchtenabwärme im Abschnitt interne Gewinne), der resultierende Einfluss ist aber sehr gering (116 kWh/Jahr).

Klimakältesysteme

- Berücksichtigt wird nur der Kältebedarf der Zuluftkonditionierung (etwa 25% des tatsächlichen Bedarfs, siehe oben RLT-Systeme)
- mit Klimakälte versorgte Zonen: <2> Seminarraum, <4> Cafeteria, <5> Küche, Bedarf wird zusammengefasst
- Übergabeverluste mit Standardwerten
- Verluste der Kälteverteilung mit Referenzwerten nach EnEV'07 für Erzeuger- und RLT-Kreis. Eine detaillierte Berechnung hat keine Ergebnisse gezeitigt, die Ursachen haben wir nicht näher analysiert (fehlende Angaben?).
- Parameter der Kälteerzeugung nach Aufgabenstellung, Nennkälteleistungszahl EER = 2,50, Kennwerttabellen für Nutzungsart "Besprechung" (Tab. A.1)

Warmwassersysteme

- Warmwasserwärmebedarf für die Cafeteria nach Nettogrundfläche, für die Küche nach Anzahl der Menüs / Tag. WW-Wärmebedarf für die öffentlichen Toiletten fehlt.
- Längen der WW-Leitungen nach Vorgabe

- indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 208$ Liter, Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{BS} = 2,02$ kWh/d (siehe Gl. 24-28), Umgebungstemperatur am Aufstellort $T_u = 13,0$ °C (außerhalb)
- Wärmeerzeuger 40 Fernwärme, 140 kW (Nah-/Fernwärme KWK, fossil), Warmwasser, niedrige Temperatur 105°C, Temperatur der Sekundärseite (Hausstation) = 50 °C, Dämmklasse nach EN 12828 = 1, Umgebungstemperatur am Aufstellort $T_u = 13,0$ °C

Heizsysteme

- Heizwärmeerzeugung, wegen unterschiedlicher Anordnung der freien Heizflächen (vor Außenwand, im Seminarraum vor Glasflächen \Rightarrow **unterschiedliche Übergabeverluste**) werden zwei Heizbereiche definiert.
- Die Heizwärmeverteilung muss zusammengefasst werden, die Leitungslängen der Technikkreise W1 und W2 (wassergebundene Verteilsysteme für die RLT- Heizregister) werden zur normalen Heizwärmeverteilung addiert. Eine separate Berechnung ist in DÄMMWERK derzeit nicht vorgesehen. Da die (kurzen) Anbindeleitungen für W1 und W2 im unbeheizten Bereich verlaufen sollen (wo?, sonstige Anbindeleitungen im beheizten Bereich), werden sich geringfügige Differenzen ergeben.
- Die unregelmäßigen Wärmeeinträge aus dem Verteilsystem werden automatisch grundflächen-antellig auf die Zonen aufgeteilt, eine manuelle Zuweisung von Rohrabschnitten zu bestimmten Zonen ist derzeit nicht möglich.
- Vor- / Rücklauftemperaturen laut Vorgabe 70 / 55°C, Anbindeleitungen ungedämmt (!).
- Wärmeerzeuger wie WW-WE

Einstellungen für die Referenzwertberechnung

Zonen + Transmissionswärmestransfer

- Die unbeheizte Zone 10 (Lager unbeheizt) wird gelöscht, denn unbeheizte Zonen können in der Referenzwertberechnung nicht berücksichtigt werden. Im realen Gebäude wurde Strombedarf für Beleuchtung in Zone 10 bilanziert (geringfügig).
- HT-Referenzwerttabelle zur Berechnung der Transmissionswärmeströme erstellen. Dabei werden automatisch ohne vorherige Änderung der Hüllflächentabelle folgende Festlegungen geändert:
 - Hüllflächen zur gelöschten Zone (in der realen Berechnung zur nicht konditionierten, benachbarten Zone) werden zu Hüllflächen zum unbeheizten Raum mit Zonenbezug zur Außenluft (beeinflusst "A" und "A/V" in der Referenzwerttabelle).
 - Hüllflächen mit L_s -Wert (Grundflächen und Kelleraußenwände) werden Hüllflächen des beheizten Kellers zum Erdreich.

Lüftungswärmeverluste und RLT

- n_{50} -Werte prüfen / einstellen, in Zonen mit RLT-Anlage $n_{50} = 1$, sonst (Büros, Treppenhäuser) $n_{50} = 2$
- Referenzwerte für RLT-Anlagen einstellen: WRG = 45%, Zulufttemperatur Heizen / Kühlen = 18°C, Leistungsaufnahme der Ventilatoren Zu- / Abluft = 2,0 / 1,25 kW/(m³/h), entspricht 0.555 / 0.347 W/(m³/s)
- Der Strombedarf für Luftförderung im Referenzgebäude ist deutlich geringer, da die reale Leistungsaufnahme der Ventilatoren relativ hoch vorgegeben wurden
- Der Energiebedarf für Zuluftvorwärmung steigt, obwohl die Zulufttemperatur von 21 auf 18°C gesenkt wurde, Grund: vergleichsweise geringe WRG (45%) in der Referenzwertberechnung

Solare + Interne

- solare Warmegewinne über Fenster: Verschattungsfaktor pauschal = 0.9 (beibehalten), g-Wert für 2fach-Verglasung, ohne Sonnenschutz
- solare Warmegewinne über opake Bauteile: U-Wert = 0.5, hr = 4
- interne Wärmequellen: $q_{l,P} / q_{l, fac}$ müsste eigentlich auf den Standardwert = 96 kWh/Tag zurückgestellt werden (im realen Gebäude wurden nur 5 kWh/Tag = 5% angesetzt); so belassen;

Beleuchtungssysteme

- Tageslicht- und Beleuchtungsbereiche bleiben unverändert
- Verschattungsfaktoren pauschal = 0.9
- Tageslichtkontrollsystem manuell
- stabförmige Leuchtstofflampen mit verlustarmen Vorschaltgeräten (VVG), direkte Beleuchtung
- keine Präsenzmelder

Klimakältesysteme

- Klimakälte, RLT-Versorgungsbereiche bleiben unverändert
- Kältebedarf ist wegen der geänderten RLT-Zulufttemperatur größer (ca. 80% Bedarfsdeckung bei 18°C Zulufttemperatur, im realen Gebäude mit 21°C Zulufttemperatur nur 25% Bedarfsdeckung)
- Hilfsenergie der Kälteverteilung mit Referenzwert 25 W/kW
- luftgekühlte Kompressionskältemaschinen, Kältemittel R134a, Kaltwasseraustrittstemperatur 6 °C, Kolben- / Scrollverdichter, mehrstufig schaltbar (REF), Nennkälteleistungszahl EER = 2,80

Warmwassersysteme

- Warmwasserbedarf wie im realen Gebäude
- Leitungslängen wie im realen Gebäude, U-Werte und Zirkulationspumpe mit Referenzwerten
- indirekt beheizter Speicher mit Referenzwerten, V = 209 Liter
- Wärmeerzeuger = NT-Kessel (Erdgas), Referenzwert.

Heizsysteme

- Heizwärmeversorgung, ein Heizbereich, alle Zonen
- freie Heizflächen 55 / 45°C vor Glasflächen mit Strahlungsschutz
- Leitungslängen nach Tab.15 mit $L_G = 59,6 \text{ m}$ = Länge und $B_G = 8,2 \text{ m}$ = Breite der Gebäudezone, Geschosshöhe $h_G = 3,20 \text{ m}$ und Anzahl der Geschosse $n_G = 7$ (nach DIN V 18599-5, B.1). Die so berechneten, üppigen Leitungslängen insbesondere für Anbindeleitungen (V / S / A = 141 / 273 / 1877 m, im realen Gebäude 238 / 163 / 339 m) schaffen Platz für den EnEV-Nachweis. Ein Ansatz für die Leitungslängen der Wärmeversorgung von RLT-Anlagen fehlt in der Referenzwertberechnung.
- Wärmeerzeuger = NT-Gebläse-Heizkessel Erdgas, Referenzgebäude, $Q_N = 180,0 \text{ kW}$ (Erdgas), gleichzeitig für WW-Bereitung

Ergebnisvergleich

17.0 Vergleich zur Referenzrechnung

Referenz-Gebäudeberechnung "Baumedienzentrum-Referenz"

Zone / Prozess	Endenergiebedarf Referenzrechnung kWh/a	aktuelle Berechnung kWh/a	
<i><1> Ausstellung</i>			
RLT-Systeme			
QVE Ventilatoren	50.706	99.957	+97,1 %
QVH Heizregister	67.406	32.951	-51,1 %
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	11.450	9.541	-16,7 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	25.697	22.206	-13,6 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	97.606	85.300	-12,6 %
Qhce Übergabe	11.218	8.724	-22,2 %
Qhd Verteilung	15.595	6.564	-57,9 %
Qhf Wärmeerzeuger	199.064	128.429	-35,5 %
<i><2> Seminarraum</i>			
RLT-Systeme			
QVE Ventilatoren	28.318	49.990	+76,5 %
QVH Heizregister	33.810	15.368	-54,5 %
QVC Kühlregister	10.364	3.572	-65,5 %
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	9.281	8.141	-12,3 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	12.562	13.408	+6,7 %
QcceRLT Übergabe RLT	3.470	1.211	-65,1 %
QHE Strombedarf Kälteverteiler	355	121	-66,1 %
Qcend Kälteerzeugung	3.107	1.288	-58,5 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	27.747	11.443	-58,8 %
Qhce Übergabe	3.189	1.464	-54,1 %
Qhd Verteilung	3.970	-	-100,0 %
Qhf Wärmeerzeuger	56.583	17.220	-69,6 %
<i><3> Büro</i>			
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	1.614	1.701	+5,4 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	1.536	746	-51,5 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	6.537	7.553	+15,5 %
Qhce Übergabe	751	773	+2,9 %
Qhd Verteilung	948	399	-57,9 %
Qhf Wärmeerzeuger	13.330	11.365	-14,7 %
<i><4> Cafeteria</i>			
RLT-Systeme			
QVE Ventilatoren	3.942	5.956	+51,1 %
QVH Heizregister	4.566	3.514	-23,0 %
QVC Kühlregister	1.531	405	-73,5 %
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	304	453	+49,0 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	2.797	3.052	+9,1 %
QcceRLT Übergabe RLT	510	137	-73,1 %
QHE Strombedarf Kälteverteiler	59	20	-66,1 %
Qcend Kälteerzeugung	692	293	-57,6 %
Warmwassersysteme			
Qwb Bedarf	19.688	19.688	
Qwd Verteilung	3.048	3.016	-1,1 %
Qws Speicher	382	382	
Qwg Wärmeerzeuger	27.703	24.148	-12,8 %

Heizsysteme			
Qhb Bedarf	10.525	8.064	-23,4 %
Qhce Übergabe	1.211	825	-31,9 %
Qhd Verteilung	656	276	-57,9 %
Qhf Wärmeeerzeuger	21.486	12.140	-43,5 %
<5> Küche			
RLT-Systeme			
QVE Ventilatoren	1.908	2.768	+45,0 %
QVH Heizregister	2.303	2.339	+1,6 %
QVC Kühlregister	678	237	-65,1 %
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	599	772	+28,9 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	1.140	1.244	+9,1 %
QcceRLT Übergabe RLT	227	80	-64,7 %
QHE Strombedarf Kälteverteil	10	4	-66,0 %
Qcend Kälteerzeugung	282	120	-57,6 %
Warmwassersysteme			
Qwb Bedarf	6.000	6.000	
Qwd Verteilung	532	526	-1,1 %
Qws Speicher	116	116	
Qwg Wärmeeerzeuger	8.444	7.360	-12,8 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	7.257	6.596	-9,1 %
Qhce Übergabe	835	674	-19,3 %
Qhd Verteilung	115	48	-58,3 %
Qhf Wärmeeerzeuger	14.821	9.930	-33,0 %
<6> Sanitär / Müll			
RLT-Systeme			
QVE Ventilatoren	874	907	+3,7 %
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	735	202	-72,5 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	26	-	-100,0 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	14.176	15.708	+10,8 %
Qhce Übergabe	1.629	1.607	-1,3 %
Qhd Verteilung	593	250	-57,8 %
Qhf Wärmeeerzeuger	28.897	23.648	-18,2 %
<7> Treppenhäuser / Aufzug			
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	2.658	1.266	-52,4 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	35.074	35.589	+1,5 %
Qhce Übergabe	4.032	3.639	-9,7 %
Qhd Verteilung	3.942	1.659	-57,9 %
Qhf Wärmeeerzeuger	71.544	53.582	-25,1 %
<8> WC / Keller			
RLT-Systeme			
QVE Ventilatoren	1.436	2.831	+97,1 %
QVH Heizregister	1.911	1.794	-6,1 %
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	361	119	-67,0 %
Klimakälte			
Qcb Bedarf	62	538	+767,3 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	2.715	1.163	-57,2 %
Qhce Übergabe	313	119	-61,9 %
Qhd Verteilung	292	123	-58,0 %
Qhf Wärmeeerzeuger	5.546	1.751	-68,4 %
<9> Lager konditioniert			
RLT-Systeme			
QVE Ventilatoren	1.729	3.409	+97,2 %
QVH Heizregister	2.301	2.160	-6,1 %
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	139	145	+4,4 %
Heizsysteme			
Qhb Bedarf	26.873	19.190	-28,6 %

Qhce Übergabe	3.089	1.962	-36,5 %
Qhd Verteilung	2.532	1.067	-57,9 %
Qhf Wärmeerzeuger	54.811	28.900	-47,3 %
<i><10> Lager unbeheizt</i>			
Beleuchtung			
Qlb Beleuchtung	-	116	+100,0 %

aufgestellt Berlin den 2.1.2009
Andreas Kern