

**Zu F 2721**

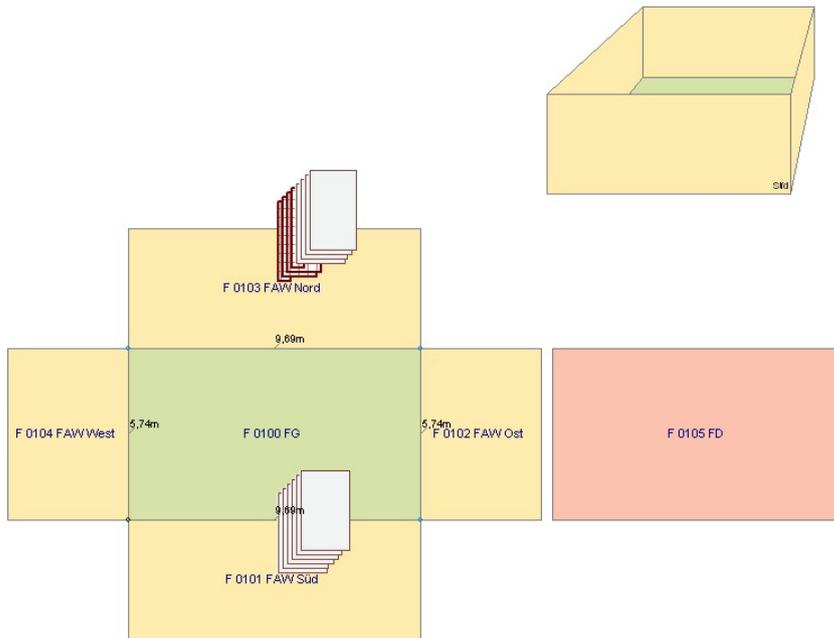
**Forschungsprojekt energy-label  
– Ganzheitliche Bewertung eines  
Plusenergiehauses  
Solar Decathlon 2007**

**Anlage 2 – Rechenblätter zur  
DIN 4108-6 / DIN 4710-10**

# Berechnungen mit „DÄMMWERK Bauphysik-Software“

## Gebäudegeometrie (Faltmodell)

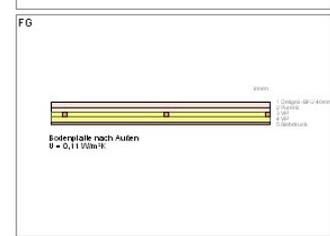
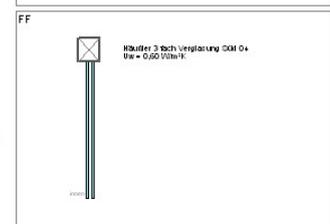
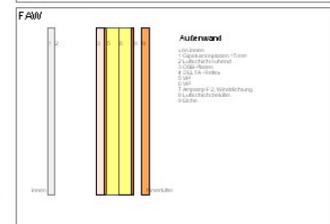
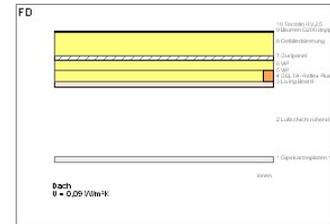
Grundriss 1: SDH



1m<sup>2</sup>

Hüllflächen	234,7 m <sup>2</sup>
0100 FG	55,6
0101 FAW Süd	38,8
0102 0102 FAW Ost	23,0
0103 0103 FAW Nord	38,8
0104 0104 FAW West	23,0
0105 FD	55,6

h = 4,00 m, h<sub>R</sub> = 2,50 m, h<sub>St</sub> = 2,50 m, V = 222 m<sup>3</sup>, AN = 71 m<sup>2</sup>, NGF = 63,0 m<sup>2</sup>



## DIN V 4108-6 / DIN V 4701-10 (Wohngebäude)

### Berechnung des Heizwärme- und Primärenergiebedarfs

Maßgebende Normen und Verordnungen:

EnEV 2007

DIN V 18599, Teile 1 bis 10, energetische Bewertung von Gebäuden

DIN V 4108-6:2003, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

DIN V 4108-2:2003, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN V 4701-10:2003, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen

DIN V 4701-12:2004, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand

DIN EN 832:2003, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude

DIN EN ISO 6946:2003, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

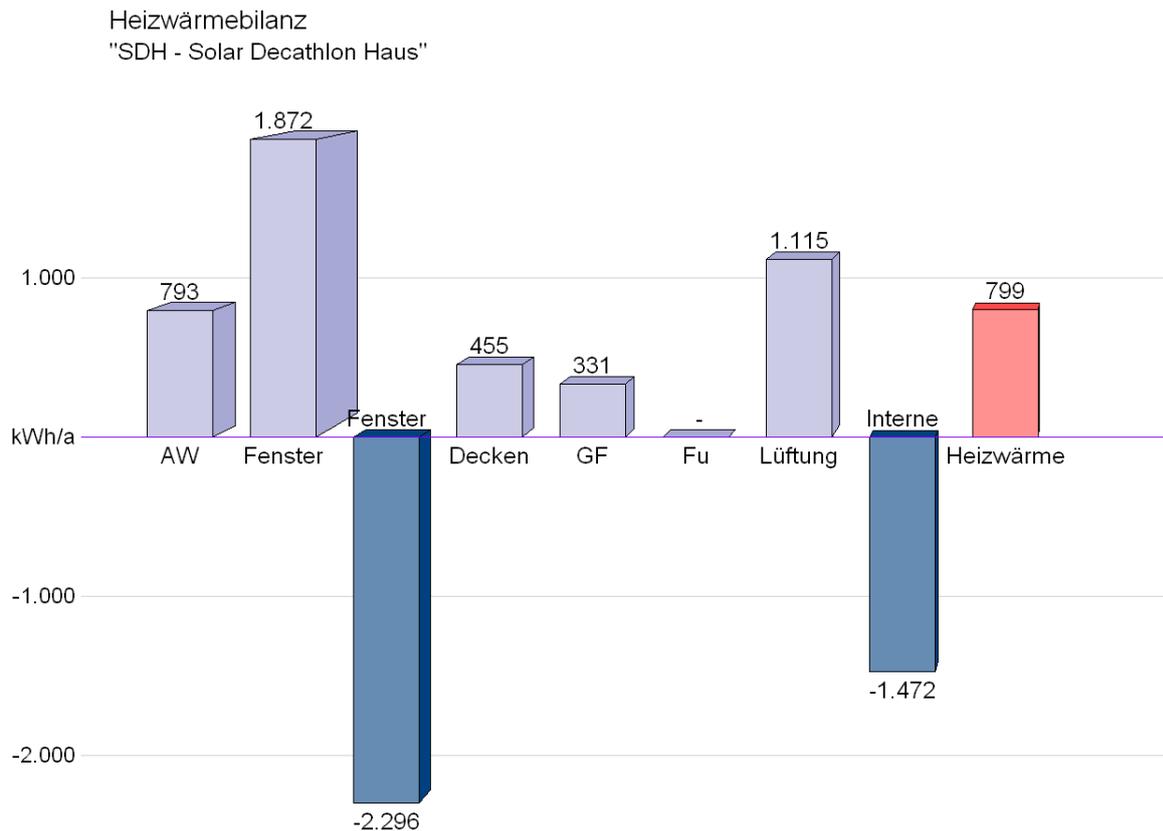
DIN EN ISO 13789:1999, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:1998, Wärmeübertragung über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2000, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

#### Projekt: SDH - Solar Decathlon Haus

C:\dw2008\energy-label\_2\SDH-Bericht\_WG.dwe



Nachweisverfahren Neu zu errichtendes Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Allgemeine Hinweise und Erläuterungen

Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort "**Deutschland**", 50°,00' nördl. Breite, Region 0,  $T_{a(\text{im Jahresmittel})} = 8,9^{\circ}\text{C}$

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden gesondert berechnet

**Spezifische Wärmeverluste des beheizten Bereichs**

Hüllfläche	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	F <sub>x</sub> [-]	Anmerkung	L <sub>D</sub> [W/K]	
SDH						
1 F 0105 FD	55,6	0,090	1,00 F <sub>D</sub>	52	5,0	
1a F 0105a FD	3,2	0,090	1,00 F <sub>D</sub>	52	0,3	
2 F 0101 FAW Süd	14,1	0,090	1,00 F <sub>AW</sub>	52	1,3	
3 F 0102 FAW Ost	23,0	0,093	1,00 F <sub>AW</sub>	52	2,1	
4 F 0103 FAW Nord	14,2	0,093	1,00 F <sub>AW</sub>	52	1,3	
5 F 0104 FAW West	23,0	0,093	1,00 F <sub>AW</sub>	52	2,1	
6 A 0101 FF Süd	24,7	0,599	1,00 F <sub>F</sub>	52 02	14,8	
7 A 0103 FF Nord	16,5	0,422	1,00 F <sub>F</sub>	52 02	7,0	
8 T 0103 FAW Türen	10,1	0,235	1,00 F <sub>AW</sub>	52	2,4	
9 F 0100 FG	55,6	0,109	0,60 F <sub>G</sub>	52 25 14	3,6	
9a F 0100a FG	3,2	0,109	0,60 F <sub>G</sub>	52 25 14	0,2	
$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} =$					243,1	
$\Sigma L_D + H_u + L_s \text{ [W/K]} =$					40,1	

Bodenplattenmaß  $B' = A_G / (0.5 P) = 56 / 15 = 3,60 \text{ m}$  (DIN V 4108-6, E.3)

**Anmerkungen**

- 01 Fx-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 Fx-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß  $B' = 55,6 / 15,4 = 3,60$ .
- 52 Der Einfluss der Wärmebrücken wird gesondert berücksichtigt (siehe unten).

**Wärmeverluste durch Wärmebrücken**

Wärmebrücke	l	$\psi$	b	$\Delta H_{WB}$
01 BodenplattenachAußenBP-AußenwandAW	30,9 m	0,01 W/mK	1,00	0,4 W/K
02 AußenwandAW-AußenwandAW 90° <1>	16,0 m	0,01 W/mK	1,00	0,2 W/K
03 Fensterleibung in AußenwandAW <1>	52,8 m	0,01 W/mK	1,00	0,6 W/K
04 Fenstersturz in AußenwandAW <1>	15,6 m	0,00 W/mK	1,00	0,0 W/K
05 Fensterbrüstung in AußenwandAW <1>	15,6 m	0,00 W/mK	1,00	0,0 W/K
06 Türleibung in AußenwandAW <1>	21,1 m	0,00 W/mK	1,00	0,0 W/K
07 Türsturz in AußenwandAW <1>	3,0 m	0,00 W/mK	1,00	0,0 W/K
08	0,0 m	0,00 W/mK	1,00	0,0 W/K
$\Sigma L_{D, WB} =$				1,3 W/K

Zum Vergleich: mit pauschalem Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB} = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K} \Rightarrow \Sigma L_{D, WB} = 12,2 \text{ W/K}$  (936%)

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.31)

$$H_T = L_D + L_{D, WB} + H_u + L_s + \Delta H_{T, FH} = 41,4 \text{ W/K} \quad (0,17 \text{ W/m}^2\text{K})$$

### Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen

Bezeichnung	Volumenermittlung	V [m <sup>3</sup> ]
1 [Ve 1] Powerhouse	222,48	222,5
2		

Beheiztes Gebäudevolumen	$V_e =$	222 m <sup>3</sup>
Gebäudenutzfläche	$A_N = 0,32 * V_e =$	71 m <sup>2</sup>
beheiztes Luftvolumen	$V_L = 0,60 * V_e =$	133 m <sup>3</sup>

### Lüftungswärmeverluste

Luftvolumen	Netto-Luftvolumen $V_N = V_L =$	133 m <sup>3</sup>
Lüftung	Zu- und Abluftanlage mit WRG DIN V 4108-6 D.3	
	WRG $\eta_V = 80,0 \%$	
	$n_{Anl} = 0,40; n_x = 0,20 \Rightarrow n = n_{Anl} * (1 - \eta_V) + n_x =$	0,28 h <sup>-1</sup>

Spezifischer Lüftungswärmeverlust  $H_V = 0,34 * n * V_N =$  **12,7 W/K** (DIN V 4108-6, 6.2)

Die Wärmegewinne der WRG gehen über  $H_V$  monatsabhängig in die Berechnung des Heizwärmebedarfs ein. Zur Berechnung der Anlagentechnik wird der Betrag  $Q_{WR}$  zum Heizwärmebedarf addiert (siehe unten).

Die Dichtheit des Gebäudes mit raumlüftungstechnischen Anlagen wurde nach EnEV A4 überprüft.

### Interne Wärmegewinne

Nutzfläche	$A_N = 0,32 * V =$	71 m <sup>2</sup>
Wärmeleistung	Wohngebäude, $q_{i,M} =$	5,0 W/m <sup>2</sup>

Brutto-Wärmegewinne  $\Phi_{i,M} = q_{i,M} * A_N =$  **356 W** (DIN V 4108-6, 6.3)

### Solare Wärmegewinne

Effektive Kollektorflächen  $A_s$  für Deutschland, nördliche Breite 50°,00'

Kollektorfläche	A [m <sup>2</sup> ]	g $\perp$	$F_F$	$F_C$	$F_h$	$F_o$	$F_f$	$A_s$
Fenster								
6 A 0101 FF Sü	24,7	Süd 90°	0,48	0,80		0,73		6,2
7 A 0103 FF No	16,5	Nord 90°	0,38	0,80				4,5

$A_s [m^2] = A * 0,90 * g_{\perp} * F_F * F_C * F_s$  mit  $F_s = F_h * F_o * F_f$  (DIN V 4108-6, Gl.54)

$F_F$  berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor  $F_C$  für permanente Sonnenschutzvorrichtungen, Teilbestrahlungsfaktoren  $F_h$  für Horizontwinkel der Verbauung,  $F_o$  für horizontale Überhänge und  $F_f$  für seitliche Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

Faktoren für Teilbestrahlung  $F_s$  mit - horizontaler Überhangwinkel = 48°

Strahlungsintensitäten für Deutschland DIN V 4108-6, Tab A.1

[W/m <sup>2</sup> ]	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
- 0°	179	135	75	39	22	33	52	82	190
Süd 90°	112	115	81	54	33	56	61	80	137
West 90°	115	90	51	28	15	25	37	53	125
Nord 90°	70	48	33	18	10	14	23	34	64
Ost 90°	115	90	51	28	15	25	37	53	125
Kollektorfläche			Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
Fenster									
6 A 0101 FF Süd			501	334	204	347	378	495	848
7 A 0103 FF Nord			149	81	45	63	104	154	289
solare Wärmeströme $\Sigma\Phi_s$ [W]			651	416	249	410	482	649	1137
$\Sigma\Phi_s * t$ [kWh]			484	299	186	305	324	483	819

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

**Wirksame Wärmespeicherfähigkeit**

Vereinfachter Ansatz für leichte Gebäude ohne massive Innenbauteile oder mit abgehängten Decken 15 Wh/m<sup>3</sup>K

$$c_{\text{wirk}} = 15,0 \text{ [Wh/m}^3\text{K]}, c_{\text{wirk}} * V_e = 3.337 \text{ [Wh/K]}$$

$$\text{Parameter } a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H * \tau_0) = 1 + c_{\text{wirk}} / (H * 16) = 1 + 209 / H \text{ (Gl.75, monatlich)}$$

**Heizunterbrechung**

Abgesenkter Heizbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, Anhang C)

Nachtabenkung für  $t_u = 7,0$  Stunden

Mindest-Innentemperatur  $\theta_{\text{isb}} = 15,0$  °C

Heizungsanlage mit Nennleistung  $\Phi_{\text{pp}} = 3.332$  W (manuell)

Abschaltbetrieb

Interne Gewinne während der Nachtabenkung  $\Phi_g = 356$  W, Luftwechselrate  $n = 0,50$

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit  $C_{\text{wirk, Heizunterbrechung}} = 12,0 * V_e = 2.670$  Wh/K

	$\theta_e$ °C	$\theta_{\text{inh}}$ °C	$\theta_{\text{il}}$ °C	$t_{\text{nh}}$ h	$t_{\text{sb}}$ h	$t_{\text{bh}}$ h	$\theta_{\text{co}}$ °C	$\theta_{\text{c1}}$ °C	$\theta_{\text{c2}}$ °C	$\theta_{\text{c3}}$ °C	$\Delta Q_{\text{ilj}}$ kWh	$\Delta Q_{\text{il}}$ kWh
Jan	-1,3	-1,3	15,4	7,0	0,0	2,1	19,0	15,9	15,9	17,9	1,1	33
Feb	0,6	0,6	15,8	7,0	0,0	1,7	19,0	16,2	16,2	17,8	0,9	26
Mär	4,1	4,1	16,4	7,0	0,0	1,0	19,0	16,7	16,7	17,7	0,7	22
Apr	9,5	9,5	17,3	7,0	0,0	0,0	19,0	17,6	17,6	17,6	0,4	13
Mai	12,9	12,9	17,9	7,0	0,0	0,0	19,0	18,1	18,1	18,1	0,3	9
Jun	15,7	15,7	18,4	7,0	0,0	0,0	19,0	18,5	18,5	18,5	0,2	5
Jul	18,0	18,0	18,8	7,0	0,0	0,0	19,0	18,8	18,8	18,8	0,0	1
Aug	18,3	18,3	18,9	7,0	0,0	0,0	19,0	18,9	18,9	18,9	0,0	1
Sep	14,4	14,4	18,2	7,0	0,0	0,0	19,0	18,3	18,3	18,3	0,2	6
Okt	9,1	9,1	17,3	7,0	0,0	0,1	19,0	17,5	17,5	17,6	0,5	14
Nov	4,7	4,7	16,5	7,0	0,0	0,8	19,0	16,8	16,8	17,7	0,7	21
Dez	1,3	1,3	15,9	7,0	0,0	1,5	19,0	16,3	16,3	17,8	0,9	28

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung, Parameter manuell

$$\Delta Q_{\text{ij}} = H_{\text{sb}} * [(\theta_{\text{io}} - \theta_{\text{inh}}) * t_{\text{nh}} + (\theta_{\text{io}} - \theta_{\text{sb}}) * t_{\text{sb}} + (\theta_{\text{io}} - \theta_{\text{pp}}) * t_{\text{bh}}] - C * \zeta * (\theta_{\text{co}} - \theta_{\text{c1}} + \theta_{\text{c2}} - \theta_{\text{c3}})$$

$$\text{Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat } \Delta Q_{\text{ij}} = \Delta Q_{\text{ij}} * \dots \text{ Tage}$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr  $Q_{NA} = \sum \Delta Q_{il} = 180,4 \text{ kWh/a}$

$H_V$  Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $0,34 * 0,50 * V_L = 23 \text{ W/K}$

$H_{sb}$  Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $H_T + H_V = 64 \text{ W/K}$

$H_{ic}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum =  $4 * AN / 0,13 = 2.191 \text{ W/K}$

$H_w$  Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile ( $60 \text{ kg/m}^2$ )

$H_w = 5,0 + 0,3 + 1,3 + 2,1 + 1,3 + 2,1 + 14,8 + 7,0 + 2,4 + 3,6 + 0,2 = 40 \text{ W/K}$

$H_{ce}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen

$H_{ce} = H_{ic} * (H_{sb} - H_w - H_V) / (H_{ic} - H_{sb} + H_w + H_V) = 1 \text{ W/K}$

$\zeta$  Wirksamer Anteil der Wärmespeicherfähigkeit =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_{ce}) = 1,00$

$\xi$  Verhältniswert =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_w + H_V) = 1,00$

$\tau_p$  Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung =  $\zeta * C / (\xi * H_{sb}) = 42,82$

$\tau_T$  Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur =  $\zeta * C / (H_{ce} + H_{ic}) = 1,22$

$\theta_e$  Außentemperatur

$\theta_{inh}$  niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb  $\theta_e$ , abgesenkt  $\theta_e * \Phi_{rp} / H_{sb}$ )

$\theta_{ipp}$  höchstmögliche Innentemperatur ( $\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$ )

$\theta_{i1}$  Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase =  $\theta_{inh} + \xi * (\theta_{co} - \theta_{cnh}) * \exp(rDiv(-t_{nh} / \tau_p))$

$t_{nh}$  Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

$t_{sb}$  Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

$t_{bh}$  Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

$\theta_{co}$  Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ( $\theta_e + \zeta * (\theta_{i0} - \theta_e)$ )

$\theta_{c1}$  Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

$\theta_{c2}$  Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

$\theta_{c3}$  Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

$\Delta Q_{ij}$  Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

## Heizwärmebedarf

Transmissionsverluste

$$Q_t = (\sum L_D + \sum L_{D,WB}) * \Delta T * d - \Delta Q_{il}$$

Transmissionswärmeverluste

$$\sum L_D = 40 \text{ W/K}$$

Wärmebrückenverluste

$$\sum L_{D,WB} = 1 \text{ W/K}$$

Heizunterbrechung

$\Delta Q_{il}$  monatlich

Lüftungswärmeverluste

$$H_V = 13 \text{ W/K}$$

Interne Gewinne

$$\Phi_{i,M} = 356 \text{ W}$$

Solare Gewinne

$$\Phi_s [\text{W}] \text{ (monatlich)}$$

Ausnutzungsgrad

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) \text{ (a sh. } c_{\text{wirk}})$$

$$\gamma = Q_g / Q_i \text{ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5)}$$

	$t_A$ [°C]	$Q_t$ [kWh]	$H_V * \Delta T * d$ [kWh]	$\Phi_{i,M} * d * \eta$ [kWh]	$\Phi_s * d * \eta$ [kWh]	$\eta$	$Q_h$ [kWh]
Jan	-1,3	592	192	247	284	0,93	253
Feb	0,6	486	157	210	285	0,88	148
Mär	4,1	437	141	188	342	0,71	48
Apr	9,5	270	87	85	271	0,33	1
Mai	12,9	179	58	58	179	0,22	0
Jun	15,7	94	30	27	97	0,11	0
Jul	18,0	29	9	8	30	0,03	0
Aug	18,3	21	7	7	20	0,03	0
Sep	14,4	131	42	48	125	0,19	0
Okt	9,1	291	94	133	244	0,50	7
Nov	4,7	406	131	209	244	0,81	84
Dez	1,3	518	167	252	177	0,95	257
	8,9	3.452	1.115	1.472	2.296		799

Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h = 799 \text{ kWh/a}$  ( $q_h = 11,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )  
Heizzeit vom 9.12. bis 17.3. (98 Tage, Gl.27)  
erforderliche Heizleistung, Richtwert 3 kW

Verminderter Lüftungswärmeverlust durch die Wärmerückgewinnung (sh. Gl.49)

$$Q_{WR} = \sum n_{Anl} \cdot \eta_V \cdot V \cdot (\rho_{p,L}) \cdot (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot t_M = 18,2 \cdot 0,80 \cdot \sum (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot t_M = 1.274 \text{ kWh/a} \quad (17,9 \text{ kWh/m}^2\text{a})$$

Für die Anlagenbemessung  $Q_{h(4701)} = Q_{h(4108)} + Q_{WR} = 2.073 \text{ kWh/a}$  (29,1 kWh/m<sup>2</sup>a)

Die Jahres-Heizarbeit der Lüftungsanlage (WRG) muss mit  $f_g = 1$  detailliert berechnet werden (DIN V 4701-10, 5.2.3-1).

Berechnungsgang für den Monat Januar

$$Q_t = (40,1 + 1,3) \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 - 33,3 = 592,0 \text{ kWh}$$

$$H_V \cdot \Delta T \cdot d = 12,7 \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 191,8 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{I,M} \cdot d = 356,0 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 264,9 \text{ kWh}$$

$$\Phi_S \cdot d = 409,9 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 305,0 \text{ kWh}$$

$$\gamma = (264,8 + 305,0) / (592,1 + 191,9) = 0,73 \quad a = 1 + 3337 / (41,4 + 12,7) / 16 = 4,86$$

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) = 0,931 \sim 0,879 \sim 0,708 \sim 0,331 \sim 0,218 \sim (\text{Jan} \sim \text{Feb} \sim \text{Mrz} \sim \text{Apr} \sim \text{Mai})$$

### Wärmebedarf für Warmwasserbereitung

pauschaler Ansatz 12,5 kWh/m<sup>2</sup>a (öffentlich-rechtlicher Nachweis)

$$Q_{tw} = A_N \cdot q_{tw} = 71 \cdot 12,5 = 890 \text{ kWh/a}$$

### Anlagentechnik (DIN V 4701-10)

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)

Heizung: ... Lüftungsanlage mit WRG mit WP ... Warmwasser: Warmwasser-WP mit Zu-/Abluft mit  
WRG - Energieträger: [Strom]

Anlagen-Aufwandszahl  $e_p = 0,97$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $Q_{WE,E} = 1.233 \text{ kWh/a}$  (17,3 kWh/m<sup>2</sup>a)

Hilfsenergie, lokal  $Q_{HE,E} = 289 \text{ kWh/a}$  ( 4,1 kWh/m<sup>2</sup>a)

### EnEV-Nachweis

vorh.  $Q_p'' = 40,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (2.876 kWh/a, siehe Haustechnik)

Anforderungen an Wohngebäude

A/V = 1,09 (1,05)	zulässig	vorhanden
1) $Q_p''$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	145,2	40,4 (27,8 %)
2) $H_T'$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,44	0,17 (38,5 %)

1) zulässiger Primärenergiebedarf  $Q_p''$  nach EnEV, A1, Tab.1, Anforderungen an Wohngebäude

2) Spezifischer Transmissionswärmeverlust  $H_T' = (\sum L_D + \sum L_{D,WB}) / \sum A = 41 / 243 = 0,17$   
(DIN V 4108-6, Tab. D.1, zul.  $H_T'$  nach EnEV, A1, Tab.1)

**Erfüllt die EnEV, Anhang 1.**

## KfW-Energiesparhaus

Die Förderprogramme der Kreditanstalt für Wiederaufbau zur CO<sub>2</sub> - Minderung durch Energiesparhäuser sind an die Einhaltung / Unterschreitung der nachfolgend aufgeführten Grenzwerte gebunden (Stand 01/2007). Die Unterschreitung der Grenzwerte für Passivhäuser muß nicht unbedingt bedeuten, dass auf eine Heizungsanlage verzichtet werden kann.

		vorhanden	Grenzwerte		
			KfW60	KfW40	Passivhaus
Wärmeverlustkoeffizient $H_{T'}$	W/m <sup>2</sup> K	0,170	0,310	0,244	
Primärenergiebedarf $Q_p'$	kWh/m <sup>2</sup> a	40,4	60,0	40,0	40,0
Jahres-Heizwärmebedarf* $q_h$	kWh/m <sup>2</sup> a	15,1			15,0
			erfüllt	nein	nein

\*Der Jahres-Heizwärmebedarf zum "Passivhaus" wurde auf die Wohnfläche = 53,0 m<sup>2</sup> bezogen  
Hinweis: max  $H_{T'}$  (KfW60) = 0.7 \* 0,443 = 0,310 W/m<sup>2</sup>K, max  $H_{T'}$  (KfW40) = 0.55 \* 0,443 = 0,244 W/m<sup>2</sup>K

"KfW-Energiesparhaus 60" ... **OK**

## Fensterflächenanteil

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen enthalten 126 m<sup>2</sup> Fassadenflächen, davon 84 m<sup>2</sup> Wandflächen und 41 m<sup>2</sup> Fensterflächen. Der Fensterflächenanteil beträgt **33%**.

## Längen, Flächen, Volumen

Flächenberechnung (Flächen'1.REB)

Powerhouse

Deckflächen

1 F 0105 FD 55,62 = 55,62

Außenwände

2 F 0101 FAW Süd 9,69\*4,00 - [A 0101] = 14,09

3 F 0102 FAW Ost 5,74\*4,00 = 22,96

4 F 0103 FAW Nord 9,69\*4,00 - [A 0103] - [T 0103] = 14,20

5 F 0104 FAW West 5,74\*4,00 = 22,96

Öffnungen / Fenster

6 A 0101 FF Süd

1,602\*2,642+1,516\*2,642+1,55\*2,642+1,55\*2,642+1,516\*2,642+1,602\*2,642 = 24,67

7 A 0103 FF Nord 1,602\*2,642+1,55\*2,642+1,55\*2,642+1,55\*2,642 = 16,52

8 T 0103 FAW Nord , Tür 0,403\*2,642+1,118\*2,642+1,118\*2,642+0,403\*2,642 = 8,04

Grundflächen

9 F 0100 FG 55,62 = 55,62

[Grundflächen]

[AGf 1] 0100 FG <1> [F 0100] = 55,62

[Bodenplattenmaß A] (nur Grundflächenprojektion) [AGF 1] = 55,62

[Grundflächenumfang]

[UGf 1] 0100 FG <1> 9,69+5,74+9,69+5,74 = 30,86

[Bodenplattenmaß P] (nur Grundflächenprojektion) [UGF 1] = 30,86

[Bodenplattenmaß B'] 2 \* [Bodenplattenmaß A] / [Bodenplattenmaß P] = 3,60

[Umbaute Räume]  
[Vol 1] Powerhouse <1>  $4,00 \cdot 55,62 = 222,48$   
[Gebäudevolumen] Ve [Vol 1] = 222,48  
[0.32 \* Ve] AN  $0.32 \cdot [\text{Gebäudevolumen}] = 71,19$

.für Berechnungen nach DIN V 18599 nach Gebäudezonen

[Nettogrundflächen]  
[dW01] Bauteildicke "AUßENWANDAW"  $0,23 = 0,23$   
[NGf 1] 0100 FG <1>  $50,5 = 50,50$   
[NGf Summe] [NGF 1] = 50,50

.Nettonutzflächen ANGF

[Nettonutzflächen]  
[ANGf 1] Zone <1> Powerhouse + [NGF 1] = 50,50

.Bruttoraumvolumen Ve, Außenmaße

[Bruttoraumvolumen]  
[Ve 1] Powerhouse + [Vol 1] = 222,48

.Nettoraumvolumen Vi = NGF \* Raumhöhe

[Nettoraumvolumen]  
[Vi 1] Zone <1> Powerhouse + [NGF 1] \* 2,50 = 126,25

.zur Kontrolle, alternativ: Vi = Ve \* 0.8

.Vi <1> Powerhouse [Ve 1] \* 0.8 = 177,98

#### *Längenberechnung Wärmebrücken*

BodenplattenachAußenBP-AußenwandAW 90° <1>:  $9,69+5,74+9,69+5,74 = 30,86 \text{ m}$

AußenwandAW-AußenwandAW 90° <1>:  $4,00+4,00+4,00+4,00 = 16,00 \text{ m}$

Fensterleibung in AußenwandAW <1>:

$2 \cdot 2,64 + 2 \cdot 2,64 = 52,80 \text{ m}$

Fenstersturz in AußenwandAW <1>:  $1,60+1,52+1,55+1,55+1,52+1,60+1,60+1,55+1,55+1,55 = 15,59 \text{ m}$

Fensterbrüstung in AußenwandAW <1>:  $1,60+1,52+1,55+1,55+1,52+1,60+1,60+1,55+1,55+1,55 = 15,59 \text{ m}$

Türleibung in AußenwandAW <1>:  $2 \cdot 2,64 + 2 \cdot 2,64 + 2 \cdot 2,64 + 2 \cdot 2,64 = 21,12 \text{ m}$

Türsturz in AußenwandAW <1>:  $0,40+1,12+1,12+0,40 = 3,04 \text{ m}$

## Haus- und Anlagentechnik

Projekt SDH - Solar Decathlon Haus  
C:\dw2008\energy-label\_2\SDH-Bericht\_WG.dwe

---

### Detaillierte Berechnung anlagentechnischer Kenngrößen

Dauer der Heizperiode  $t_{HP} = 185$  Tage/a  $\sim F_{Gt} = 69,6 \sim$  Trinkwassererwärmung  $t_{TW} = 350$  Tage

#### Trinkwassererwärmung

mit Trinkwarmwasser versorgter Bereich  $A_N$  71 m<sup>2</sup>  
Trinkwarmwasserbedarf  $q_{TW}$  12,5 kWh/m<sup>2</sup>a

#### Wärmeerzeuger "Warmwasser-WP mit Zu-/Abluft mit WRG"

---

Nenn-Wärmeleistung $Q_n$	1,8 kW
Leistungszahl der Wärmepumpe DIN EN 255/3 $\epsilon_N$	2,500
Korrektur für Wärmerückgewinnung (80%) der Zu-/Abluftanlage, F2	0,859
Korrektur für Bezugswassertemperatur (50,0°C), F1	1,000

---

Aufwandszahl  $e_{TW,g} = 1 / (\epsilon_N * F1 * F2)$  (Gl.5.1.4-33) 0,466

#### Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

##### kleine Kollektoranlage "kleine Flachkollektoranlage"

---

Trinkwasserwärmebedarf $Q_{TW}^* = (q_{TW} + q_{TW,d} + q_{TW,s}) * A_N$	1.077 kWh/a
Jahresenergieertrag der Referenz-Solaranlage $Q_{sys}$ (Gl.5.1.4-3)	
$Q_{sys} = Ac * (271 * \eta_0 - 18.8 * k1 - 653 * k2 + 172 * IAM(50^\circ) - 0.792 * C - 20.7)$	595 kWh/a
Kollektorfläche (Apertur)	2,3 m <sup>2</sup>
optischer Wirkungsgrad, Konversionsfaktor $\eta_0$	0,77
Wärmedurchgangskoeffizienten $k1 / k2$ in [W/m <sup>2</sup> K]	3,50 / 0,02
Einstrahlwinkelkorrektur IAM(50°)	0,90
Effektive Wärmekapazität C	6,40 kJ/kgK
Korrekturfaktor für 3° Neigung und Ausrichtung: Süd, $f_{NA}$ (Tab.5.1-4)	0,83
Korrekturfaktor für die Auslastung der Solaranlage $f_{slr}$ (Gl.5/6)	0,96
Korrekturfaktor für die Wärmeverluste der Rohrleitungen (15 m), $f_{d,sol}$	1,01
Korrekturfaktor für das Volumen des Solarspeichers (0 l), $f_{S,Vsol}$	0,80
Korrekturfaktor für das Volumen des Bereitschaftsspeichers (180 l), $f_{S,Vaux}$	0,73
Korrekturfaktor für die Wärmeverlustrate des Speichers (0,4 kWh/24h), $f_{S,Vsol}$	1,09
Wärmeverlust des Speichers $Q_{TW,s} = q_{TW,s} * A_N$ ( $\vartheta_{u,m} = 20^\circ C$ ), 5.1.3-1	112 kWh/a
Korrekturfaktor für Speichertemperatur $f_{S,\vartheta}$	1,57
Korrekturfaktor für Speicherbetriebszeit $f_{S,t}$	1,04
Korrekturfaktor für Speicheranschlüsse $f_{S,an}$	0,83
$Q_{TW,sol} = Q_{sys} * f_{NA} * f_{slr} * f_{d,sol} * f_{S,Vsol} * f_{S,Vaux} * f_{S,loss} + Q_{TW,s} * f_{S,\vartheta} * f_{S,t} * f_{S,an}$	457 kWh/a
Leistungsaufnahme der Solarpumpe (Laufzeit 1750 h), $P_{P,sol}$	34 W

---

Deckungsanteil der Solaranlage  $\alpha_{TW,sol} = Q_{TW,sol} / Q_{TW}^*$  0,42  
Hilfsenergiebedarf  $q_{TW,g,HE,sol}$  1,97 kWh/m<sup>2</sup>a

### Trinkwasserspeicher

#### Trinkwasserspeicher, bivalenter Solarspeicher

Betriebsdauer des Speichers $t_{TW} = 350$ Tagen/a, Dauer der Heizperiode $t_{HP} = 185$ Tage/a mit Trinkwarmwasser versorgter Bereich $A_N$	71 m <sup>2</sup>
Nenninhalt des Bereitschaftsspeichers $V_s$	180 l
Nenninhalt des Solarspeichers $V_{s,sol}$	0 l
Wärmeverlustfaktor für Aufstellung innen $f_a$	0.15
mittlere Umgebungstemperatur $\vartheta_{um}$ (Tab.5-2)	20,0 °C
Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,S}$ (5.1.3)	0,4 kWh/Tag
Nennleistungsaufnahme der Speicher-Ladepumpe $P_{Pumpe}$	48 W
Betriebsdauer der Speicher-Ladepumpe $t_p$	212 h/a
<hr/>	
Speicher-Wärmeverlust $q_{TW,s} = (1.2 * (50 - \vartheta_{um}) / 45 * t_{TW} * q_{B,S}) / A_N$ (5.1.3-1)	1,5 kWh/m <sup>2</sup> a
Wärmegutschrift $q_{h,TW,s} = q_{TW,s} * t_{HP} / t_{TW} * (1 - f_a)$ (5.1.3-2)	0,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Hilfsenergiebedarf der Pumpe $q_{TW,s,HE} = P_{Pumpe} * t_p / 1000 * A_N$ (5.1.3-5)	0,1 kWh/m <sup>2</sup> a

### Trinkwasserverteilung (Leitungsnetz)

Leitungsnetz für Trinkwarmwasser, gebäudezentral ohne Zirkulation, mittlere Temperatur des Warmwassers  $\vartheta_{TW,m} = 32^\circ\text{C}$  (Tab.5-2), Betrieb an  $t_{TW} = 350$  d/a, Dauer der Heizperiode  $t_{HP} = 185$  d/a, Betriebszeit  $z = 24$  Stunden/Tag,  $A_N = 71$  m<sup>2</sup>.

Rohrabschnitt	l m	Rohr-D mm	$U_l$ W/mK	$\vartheta_{u,m}$ °C	$Q_{TW,d}$ kWh/a	$Q_{h,TW}$ kWh/a
01 Strangleitung 2	2,7	25	0,20	20,0	27	12
02 Stichleitung 3	5,3	25	0,20	20,0	54	24
03						

Rohrabschnitte der Länge  $l$  mit dem Rohraußendurchmesser  $D$ . Längenspezifische Wärmedurchgangskoeffizienten manuell oder nach DIN V 4701-10. Mittlere Umgebungstemperaturen  $\vartheta_{u,m}$  und Wärmeverlustfaktor  $f_a$  nach DIN V 4701-10, Tab.5-2.

Wärmeabgabe des Rohrabschnitts  $Q_{TW,d} = U_l * l * t_{TW} * z * (\vartheta_{TW,m} - \vartheta_{u,m}) / 1000$  (DIN V 4701-10, Gl.5.1.2-1)

Wärmegutschrift des Rohrabschnitts  $Q_{h,TW,d} = Q_{TW,d} * (1 - f_a) * t_{HP} / t_{TW}$  (Gl.5.1.2-2)

Wärmeverluste des TW-Rohrnetzes $q_{TW,d} = \sum Q_{TW,d,i} / A_N$	1,1 kWh/m <sup>2</sup> a
Gutschriften für den Heizwärmebedarf $q_{h,TW,d} = \sum Q_{h,TW,d,i} / A_N$	0,5 kWh/m <sup>2</sup> a

### Lüftungsanlage

be- und entlüfteter Bereich $A_N$	71 m <sup>2</sup>
flächenbezogener Heizwärmebedarf $= q_h - q_{L,g,WE,WRG} + q_{h,n}$	10,2 kWh/m <sup>2</sup> a
maximale notwendige Gebäude-Heizleistung $q_{GB}$ (5.2.3-11)	7,3 W/m <sup>2</sup>

### Lüftungsanlage "zentrale Zu- und Abluftanlage mit WRG und Wärmepumpe (Nilan VP18)"

Anlagen-Luftwechsel $n_A$	0,50 h <sup>-1</sup>
Betriebsdauer der Lüftungsanlage z	24,0 h/d
elektrische Leistungsaufnahme der DC-Ventilatoren $P_{el,Vent}$	0,5 Wh/m <sup>3</sup>
<b>Wärmerückgewinnung (WRG)</b>	
Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung $\eta_{WRG}$	0,84
Korrekturfaktor für EnEV-Berechnungsverfahren $f_g$	1,00
elektrische Leistungsaufnahme der Regelungstechnik $P_{el,Reg}$	5,0 W
<hr/>	
Jahres-Heizarbeit $q_{L,g,WE,WRG} = 0.34 * h_R * F_{GT} * \eta_{WRG} * n_A * f_g$ (5.2.3-1)	24,8 kWh/m <sup>2</sup> a
Hilfsenergiebedarf $q_{L,g,HE,WRG} = q_{Vent} + q_{Reg}$	3,1 kWh/m <sup>2</sup> a
Korrektur für erhöhten Anlagen-Luftwechsel für 24 h (Tab. C.2.4, $n_{Anl} = 0,50$ ) $q_{h,n}$	5,9 kWh/m <sup>2</sup> a
Berechnet nach DIN V 4701-10, Abschnitt 5.2.3.1 mit Gradtagzahl $F_{GT} = 69,6$ kWh/a, Raumhöhe $h_R = 2.5$ m und Dauer der Heizperiode $t_{HP} = 185$ d/a.	
Hilfsenergiebedarf der Ventilatoren $q_{Vent} = 0.001 * (1+f_{EWT}) * P_{el,Vent} * h_R * n_A * t_{HP} * z * f_z$ (5.2.3-4)	
Hilfsenergiebedarf der Regelungstechnik $q_{Reg} = 0.001 * P_{el,Reg} * t_{HP} * z / A_N$ (5.2.3-5)	
<b>Wärmepumpe (WP)</b>	
Arbeitszahlen $\epsilon_{N(A-3)} / \epsilon_{N(A4)} / \epsilon_{N(A10)}$	2,0 2,5 3,0
Betriebs-Volumenstrom $V_{Betrieb}$	60 %
Korrekturfaktoren $F_{\vartheta_{-3}} / F_{\vartheta_{-4}} / F_{\vartheta_{-10}}$ (Tab 5.2-10)	0,38 0,49 0,06
Jahres-Arbeitszahl $\beta_{WP} = \epsilon_{N(A-3)} * F_{\vartheta_{-3}} + \epsilon_{N(A4)} * F_{\vartheta_{-4}} + \epsilon_{N(A10)} * F_{\vartheta_{-10}}$	2,17
Nennleistung $q_{g,WP}$ mit $q_{WP0,4} = 25,3$ W/m <sup>2</sup> (1,8 kW) und Gl.5.2.3-8	29,6 W/m <sup>2</sup>
Leistungsanteil der WP $\mu_{WP} = q_{g,WP} / q_{GB}$	405,7 %
Vollast-Stunden $t_{WP,VL}$ manuell	500 h/a
<hr/>	
Erzeuger-Aufwandszahl $e_{L,g,WP} = 1 / \beta_{WP}$ (5.2.3-12)	0,46
Jahres-Heizarbeit $q_{L,g,WE,WP} = q_{g,WP} * t_{WP,VL} / 1000$	14,8 kWh/m <sup>2</sup> a

### Verfahren

Detailliertes Verfahren DIN V 4701-10, Abs.5 / Tabellenverfahren nach Anhang C.3

Heizung: ... Lüftungsanlage mit WRG mit WP ... Warmwasser: Warmwasser-WP mit Zu-/Abluft mit WRG ... Energieträger: [Strom]

### Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl $e_p$

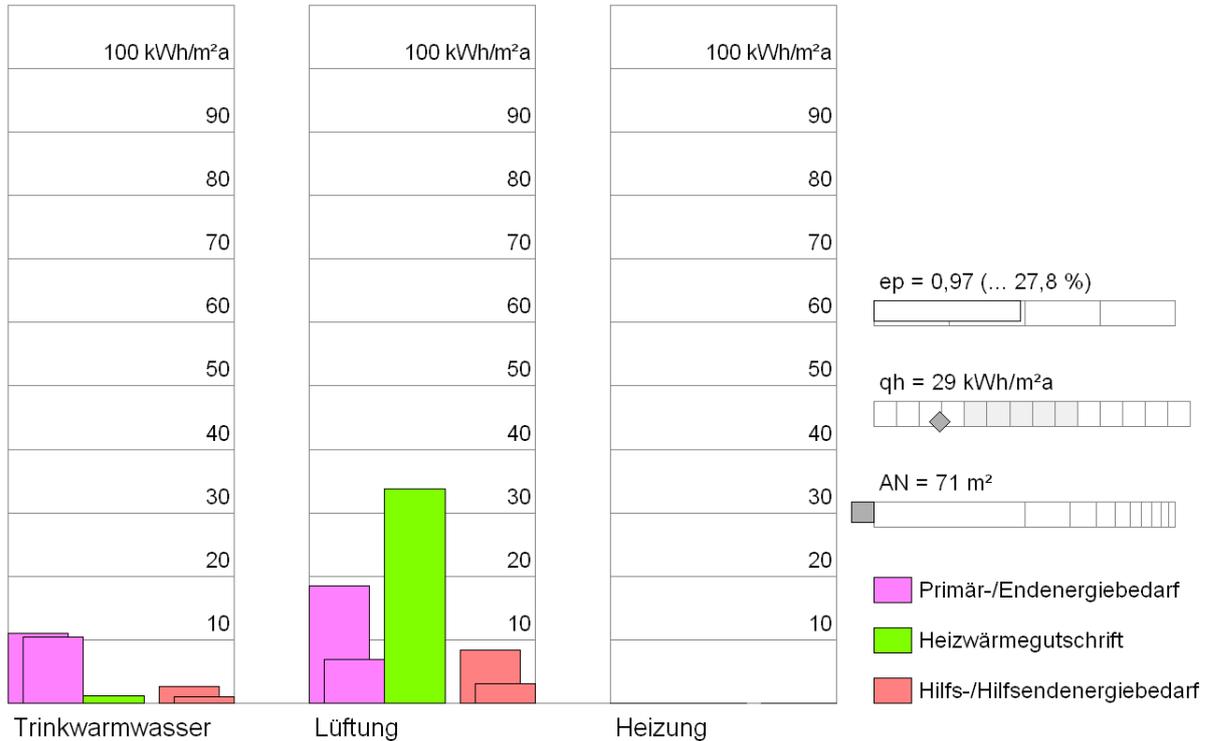
Aufwandszahlen  $e_i$  und Energieverluste der Erzeugung, Speicherung und Verteilung,

Wärmegutschriften, Hilfsenergiebedarf, Deckungsanteile  $\alpha$  und Primärenergiefaktoren  $f_p$ .

Verwendete Indizes: P-Primärenergie, E-Endenergie, HE-Hilfsenergie, TW-Trinkwarmwasser, L-Lüftung, H-Heizung

Detailliert berechnete Anlagen-Kenngrößen werden übernommen.

### Primär- und Endenergiebedarf



#### Trinkwasserbereitung

mit Trinkwarmwasser versorgter Bereich  $A_N = 71 \text{ m}^2$   
Trinkwasserwärmebedarf  $q_{\text{TW}} = 12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m <sup>2</sup> a]	Gutschrift [kWh/m <sup>2</sup> a]	Hilfsenergie [kWh/m <sup>2</sup> a]	$\alpha$ [%]	$f_p$	Anm.
Erzeuger I	0,47				58	2,70	65
Speicher		1,5	0,7	0,14			30
Verteilung		1,1	0,5				26
Erzeuger II	1,00			1,97	42		71
		2,6	1,2	2,12	100		

- 65) Warmwasser-WP mit Zu-/Abluft mit WRG, Kenngrößen siehe detaillierte Berechnung [Strom]
- 30) bivalenter Solarspeicher, Kenngrößen siehe detaillierte Berechnung
- 26) Leitungsnetz für Trinkwarmwasser, Kenngrößen siehe detaillierte Berechnung
- 71) kleine Flachkollektoranlage, Kenngrößen siehe detaillierte Berechnung [solar],  $A_c = 2,3 \text{ m}^2$

#### Primär- und Endenergiebedarf für Trinkwasserbereitung

Gl. 4.2-3, Aufwandszahl * Primärenergiefaktor $\Sigma(e_{\text{TW},g,i} * \alpha_{\text{TW},g,i} * f_{p,i})$	0,72
Gl. 4.2-3, Primärenergiebedarf $q_{\text{TW},P} = (12,5 + 2,6) * 0,72$	11,0 kWh/m <sup>2</sup> a
Gl. 4.2-4, Heizwärmegutschrift $q_{h,\text{TW}} = 1,2$	1,2 kWh/m <sup>2</sup> a
Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{\text{TW},\text{HE}} = +0,14+0,84$	1,0 kWh/m <sup>2</sup> a
Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{\text{TW},\text{HE},P} = 1,0 * 2,7$	2,6 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf $Q_{\text{TW},E} = (12,5 + 2,6) * (0,27 + 0,42) * 71$	746 kWh/a
Hilfsendenergiebedarf $Q_{\text{TW},\text{HE},E} = 1,0 * 71$	70 kWh/a

## Lüftung

belüfteter Bereich  $A_N = 71 \text{ m}^2$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m <sup>2</sup> a]	Heizbeitrag [kWh/m <sup>2</sup> a]	Hilfsenergie [kWh/m <sup>2</sup> a]	$\alpha$ [%]	$f_p$	Anm.
Lüftungsanlage			24,8	3,09		2,70	107
L/L-Wärmepumpe	0,46		14,8			2,70	116
Heizregister							
Verteilung							
Übergabe							
			39,6	3,09			

107) zentrale Zu- und Abluftanlage mit WRG und Wärmepumpe (Nilan VP18), Kenngrößen siehe detaillierte Berechnung [Strom]

116) zentrale Zu- und Abluftanlage mit WRG und Wärmepumpe (Nilan VP18), Kenngrößen siehe detaillierte Berechnung [Strom]

Gl. 4.2-11, Primärenergiebedarf (WP / Heizregister) $q_{L,P} = \sum e_{L,g,i} * q_{L,g,i} * f_{P,i}$	18,5 kWh/m <sup>2</sup> a
Tab. C.2.4, Korrektur für erhöhten Anlagen-Luftwechsel ( $n_{Anl} = 0,50$ ) $q_{h,n}$	5,9 kWh/m <sup>2</sup> a
Gl. 4.2-12, Heizwärmebeitrag $q_{h,L} = 39,6 - 0,0 - 5,9$	33,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Gl. 4.2-13, Hilfsenergiebedarf $q_{L,HE,P} = 3,1 * 2,7$	8,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf $Q_{L,E} = (6,84 + 0,00) * 71$	487 kWh/a
Hilfsendenergiebedarf $Q_{L,HE,E} = 3,1 * 71$	220 kWh/a

## Heizung

beheizter Bereich  $A_N = 71 \text{ m}^2$

Heizwärmebedarf  $q_h = 29,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

verbleibender Bedarf  $q_{h,0} = 29,1 - 1,2 - 33,7 = 0,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

*Der Heizwärmebedarf wird durch die Lüftungsanlage gedeckt.*

## Anlagen-Aufwandszahl

$Q_p = (11,0 + 2,6) * 71 + (18,5 + 8,3) * 71 + (0,0 + 0,0) * 71$	2.876 kWh/a
Heizwärmebedarf $Q_h = q_h * A_N = 29,1 * 71$	2.073 kWh/a
Trinkwasserwärmebedarf $Q_{tw} = q_{tw} * A_N = 12,5 * 71$	890 kWh/a
Anlagen-Aufwandszahl $e_p = Q_p / (Q_h + Q_{tw}) = 2.876 / (2.073 + 890)$	<b>0,97</b>

Primärenergie  $Q_p = 2.876 \text{ kWh/a}$  (40,4 kWh/m<sup>2</sup>a)

Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $Q_{WE,E} = 746 + 487 + - = 1.233 \text{ kWh/a}$  (17,3 kWh/m<sup>2</sup>a)

Hilfsendenergie, lokal  $Q_{HE,E} = 70 + 220 + - = 289 \text{ kWh/a}$  (4,1 kWh/m<sup>2</sup>a)

.....  
**Energiebedarf nach Energieträgern**

Energieträger	Endenergie kWh/a		$f_p$	Primärenergie kWh/a	
[Strom]	776	63 %	2,7	2.095	100 %
[solar]	457	37 %	-	-	- %
	1.233	100 %		2.095	100 %
Hilfsenergie (Strom)	289		2,7	782	
erneuerbare Energie	457	37 %			

Endenergie nach Energieträgern	Heizung kWh/m <sup>2</sup> a	Warmwasser kWh/m <sup>2</sup> a	Lüftung kWh/m <sup>2</sup> a	Summe kWh/m <sup>2</sup> a
[Strom]	0,0	4,1	6,8	10,9
[solar]	0,0	6,4	0,0	6,4
Hilfsenergie Strom	0,0	1,0	3,1	4,1