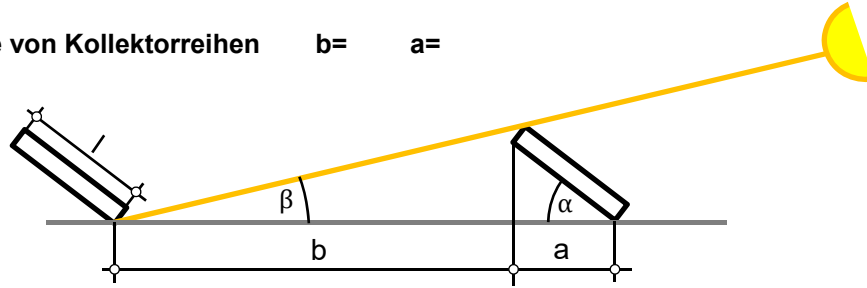


b) Abstände von Kollektorreihen $b =$ $a =$ 

Grundlagen:

- Kollektoraufständerung
- Sonnenhöhenwinkel
Sommer: \dots 0 bis 65° gegenüber Horizont
Winter: \dots 0 bis 20° gegenüber Horizont
- Kollektor

Muster:

$\alpha = \dots\dots\dots$
 $\beta = \dots\dots\dots$

Beispiel:

$\alpha = \dots$ **50°**
 $\beta = \dots$ **30°**

$l = \dots\dots\dots$ m

$l = \dots$ **1.08** m

$$b = l \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\tan(\beta)}$$

$$a = l \cdot \cos(\alpha)$$

Lösung Beispiel:

$$b = 1,08 \cdot \frac{\sin(50^\circ)}{\tan(30^\circ)} = 1,43$$

$$a = 1,08 \cdot \cos(50^\circ) = 0,69$$

Abstand von Kollektor zu Kollektor

$b_{\min.} = \underline{1,43 \text{ m}}$

Horizontalmass eines Kollektors

$a = \underline{0,69 \text{ m}}$

c) Wärmetauscherfläche A_{wt}

Grundlagen:

- Spezifische Kollektorleistung
Richtwert-WW: **600 – 650 W/m²**
Rechne: W_{peak} (bei $\Delta\vartheta=40 \text{ K}$) / Aperturfläche
- Wärmetauscherkennwerte
intern Glattrohr **400 W/m²** $>6\text{m}^2 \rightarrow$ externe Wärmetauscher verwenden
extern Platten **3'000 W/m²** (bei Δp 10 kPa)
- Temperaturdifferenz
Normal-Flow-Anlage **5 K** – 15 K
Low-Flow-Anlage **20 K** \rightarrow oberer Tauscher / **5 K** \rightarrow unterer Tauscher

Muster:

$\dot{Q}_K = \dots\dots\dots$ W/m²

Beispiel:

$\dot{Q}_K = \dots$ **690** W/m²

$k = \dots\dots\dots$ W/m²

$k = \dots$ **400** W/m²

$\Delta\vartheta = \dots\dots\dots$ K

$\Delta\vartheta = \dots$ **5** K

$$A_{wt} = \frac{A_{KA} \cdot \dot{Q}_K}{k \cdot \Delta\vartheta}$$

$$[A_{wt}] = \frac{\text{m}^2 \cdot \text{W} \cdot \text{m}^2}{\text{m}^2 \cdot \text{W} \cdot \text{K}} = \text{m}^2$$

oder

$$A_{wt} = \frac{\text{Anzahl Kollektoren} \cdot W_{\text{peak}} (\text{bei } 40 \text{ K})}{k \cdot \Delta\vartheta}$$

$$[A_{wt}] = \frac{\text{W} \cdot \text{m}^2}{\text{W} \cdot \text{K}} = \text{m}^2$$

Lösung Beispiel (bei Low-Flow-Systemen):

$$A_{wt} = \frac{7,45 \cdot 690}{400 \cdot 20} = 0,64$$

$$A_{wt} = \frac{7,45 \cdot 690}{400 \cdot 5} = 2,45$$

Wärmetauscherfläche (oben, für Low-Flow-Systeme) $A_{wt} = \underline{0,64 \text{ m}^2}$

Wärmetauscherfläche (unten, beide Systeme) $A_{wt} = \underline{2,45 \text{ m}^2}$

d) Pumpenvolumenstrom \dot{V}_P

Grundlagen:

- Spezifische Kollektorleistung
Normal-Flow-Anlage **30** – 50 l/m² h
Low-Flow-Anlage 8 – 20 l/m² h

Muster:

$\dot{V}_S = \dots\dots\dots$ l/m²

Beispiel:

$\dot{V}_S = \underline{\underline{30}}$ l/m²

$V_P = A_K \cdot V_S$ $[V_P] = \frac{m^2 \cdot l}{h \cdot m^2} = l/h$

Lösung Beispiel:

$V_P = 7,45 \cdot 30 = 147$

Pumpendaten

$\dot{V}_P = \underline{\underline{147}}$ l/h

e) Pumpendruck h_{mano}

Grundlagen:

- Rohrlänge: **Edelstahl** / ALU $\underline{\underline{\varnothing}}$
- Druckverlust Doppelmeter

	$\varnothing 15$	$\varnothing 18$	$\varnothing 22$
100 l/h	500		
200 l/h	1800	500	
300 l/h		1200	
400 l/h		1800	
500 l/h		2700	
600 l/h		4000	
700 l/h			1700
800 l/h			2300
900 l/h			3000
1000 l/h			3600

Muster:

$l_{Ltg} = \dots\dots\dots$ m
 $\Delta p_{Ltg} = \dots\dots\dots$ Pa/m

Beispiel:

$l_{Ltg} = \underline{\underline{26.6}}$ m
 $\Delta p_{Ltg} = \underline{\underline{500}}$ Pa/m

- Druckverlust Kollektoren www.spf.ch/kollektoren

Kollektortyp:	Serpentine	Harfe
	~ 15'000 Pa	~ 5'000 Pa
Verschaltung:	Parallel	Seriell
	Δp 1 Kollektor	Δp alle Kollektoren

$\Delta p_{Koll} = \dots\dots\dots$ Pa $\Delta p_{Kol} = \underline{\underline{15000}}$ Pa

- Druckverlust des Wärmetauschers

Wärmetauscher	intern	extern
	~ 1000 Pa	~ 4000 Pa

$\Delta p_{Wt} = \dots\dots\dots$ Pa $\Delta p_{Wt} = \underline{\underline{3600}}$ Pa

- Korrekturfaktor Tabellenbasis: Wasser

	Antifrogen L	Antifrogen N	Dichte
Glykolanteil 38 %	$f \approx 1.6$ (normal)	$f \approx 1.6$	1067
Glykolanteil 47 %	$f \approx 1.8$ (>1000 müM)	$f \approx 1.7$	1053
Glykolanteil 57 %	$f \approx 2.0$	$f \approx 1.8$	1040

$f = \dots\dots\dots$ (Zahl) $f = \underline{\underline{1.0}}$ (Zahl)
Frostgrenze
-11 °C
-14 °C
-21 °C

$\Delta p_{tot} = (\Delta p_{Koll} + \Delta p_{Wt} + l_{Ltg+Arm} \cdot \Delta p_{Ltg}) \cdot f$ $[\Delta p_{tot}] = Pa$

$h_P = \frac{\Delta p_{tot}}{\rho \cdot g}$ $[h_P] = \frac{kg \cdot m \cdot m^3 \cdot s^2}{s^2 \cdot m^2 \cdot kg \cdot m} = mFS$

Lösung Beispiel:

$\Delta p_{tot} = (15'000 + 3'600 + 26,6 \cdot 500) \cdot 1,0 = 31'900$

$h_P = \frac{31'900}{1'000 \cdot 9.81} = 3,25$

Pumpendaten

$h_P = \underline{\underline{3,25}}$ mFS

f) Speichervolumen V_{SP}

Grundlagen:

- Anzahl: Personen
- ϕ -Warmwasserspitzenbedarf (für Speichergrösse)
→ SIA385/2, Tabelle 3, **Spitzenbedarf**
- Bereitschaftsvolumen
bei Gas oder Öl $\frac{1}{2}$ Tagesbedarf
bei Elektro 1 Tagesbedarf
- Solarvolumen (=Mischzone)
Solardeckungsgrad = <40% 50% 60% 70%
bei Warmwasser **40 l/m²** **50 l/m²** **55 l/m²** **60 l/m²**
- Kaltzone
Speichergrösse bis 200 l 500 l 1000 l > 1000 l
von V_{WW} = **15%** **8%** **6%** **5%**

Muster:

$$E' = \dots P \quad E' = \underline{4} P$$

$$V_{E'} = \dots l/P \cdot d \quad V_{E'} = \underline{60} l/P \cdot d$$

$$V_Z = \dots l, \dots ^\circ C \quad V_Z = \underline{120} l, 60^\circ C$$

$$V_S = \dots l/m^2 \quad V_S = \underline{60} l/m^2$$

$$V_K = \dots l/d \quad V_K = \underline{8} \%$$

Beispiel:

$$V_{SP} = (V_Z + A_{KA} \cdot V_S) \cdot V_K$$

$$[V_{SP}] = \frac{m^2 \cdot l}{m^2} + l = l, \dots ^\circ C$$

Lösung Beispiel:

$$V_{SP} = (120 + 7,45 \cdot 60) \cdot 1,08 = 612$$

Bsp.: Soltop → Maxisol (Email) 480 730
→ Quicksol (Edelstahl) 500 850 1200 1800 2200
→ Stradivari (mit Heizungsunterstützung) 900 1200 1800 2200

Speichervolumen gewählt

$$V_{SP} = 730 l$$

g) Expansionsgefäss V_{EG}

Grundlagen:

- Kollektorinhalt Typ.: **2.8V** x **2** ..
- Inhalt Solarkreis $l = \underline{53.1}$ m
bei ϕ 18/16 von Kollektor bis Speicher und zurück
- Ausdehnungsvolumen
EFH (bis 10 Pers.) **100% V_K + 50% V_{SK}**
MFH (ab 10 Pers.) **100% V_K + 10% V_{SK}**
- Wasservorlage **min. 5% ($V_K + V_{SK}$)**
- Enddruck der Anlage
Ansprechdruck des Sicherheitsventils minus 0,5 bar
- Vordruck $\Delta h = \underline{8.0}$ m
Höhendifferenz höchster Anlagepunkt und Expansionsgefäss
Berechne: $\Delta h \cdot 0.0981 + 0,3$

Muster:

$$V_K = \dots l \quad V_K = \underline{7.2} l$$

$$V_{SK} = \dots l \quad V_{SK} = \underline{10.6} l$$

$$V_e = \dots l \quad V_e = \underline{12.5} l$$

$$V_v = \dots l \quad V_v = \underline{0.7} l$$

$$p_e = \dots bar \quad p_e = \underline{2.5} bar$$

$$p_0 = \dots bar \quad p_0 = \underline{1.08} bar$$

Beispiel:

$$V_{EG} = (V_e + V_v) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0}$$

$$[V_{EG}] = l \cdot \frac{bar}{bar} = l$$

Lösung Beispiel:

$$V_{EG} = (12.5 + 0.7) \cdot \frac{2.5 + 1}{2.5 - 1.08} = 32.54$$

Expansionsgefäss gewählt

$$V_{EG} = \underline{35 l}$$

Bsp.: Steamback-Gefäss (Maxisol 480-730 / Quicksol 500-800) 25 35 50 80 110 140 200
Expansions-Gefäss (Quicksol 1200-2000 / alle Stradivari) 25 35 50 80 110 140 200