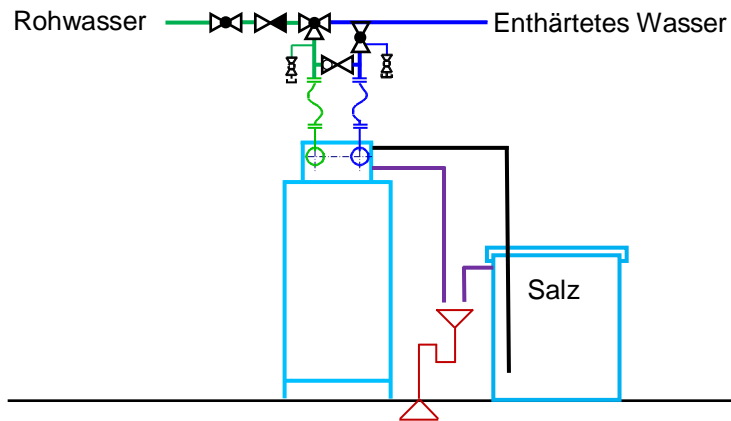


1.4 Enthärtungsanlage



a) Volumenstrom Enthärtungsanlage \dot{V}_E

Grundlagen:

▪ Rohwasserhärte

▪ Restwasserhärte

- Warmwasser ~ 1,0 bis 1,5 mmol/l
- Wäscherei / Kühlturm ~ 0,5 mmol/l
- Geschirrwashmaschine ~ 0 mmol/l
- Befeuchtung / Permeat ~ 0 mmol/l

▪ Spitzendurchfluss

- Warmwasser W3 / Diagramm 1
- Wäscherei / Kühlturm Dauerentnahme
- Geschirrwashmaschine
- Befeuchtung / Permeat

▪ Wasserverbrauch pro Tag

- Haushalt total 142 l/P•d
- Garten 7 l/P•d
- Kaltwasser 85 l/P•d
- Warmwasser 50 l/P•d • 72 Personen
- Wäscherei / Kühlturm
- Geschirrwashmaschine
- Befeuchtung / Permeat

Muster:

Beispiel:

$H_R = \dots$ mmol/l $H_R = \dots$ **4,2** mmol/l

$H_{W1} = \dots$ mmol/l $H_{W1} = \dots$ **1,5** mmol/l

$H_{W2} = \dots$ mmol/l $H_{W2} = \dots$ **0,5** mmol/l

$H_{W3} = \dots$ mmol/l

$H_{W4} = \dots$ mmol/l

$\dot{V}_1 = \dots$ l/s $\dot{V}_1 = \dots$ **1,7** l/s

$\dot{V}_2 = \dots$ l/s $\dot{V}_2 = \dots$ **0,5** l/s

$\dot{V}_3 = \dots$ l/s

$\dot{V}_4 = \dots$ l/s

$V_1 = \dots$ l/d $V_1 = \dots$ **3'600** l/d

$V_2 = \dots$ l/d $V_2 = \dots$ **4'200** l/d

$V_3 = \dots$ l/d

$V_4 = \dots$ l/d

$$\dot{V}_E = \frac{\dot{V}_{\max} \cdot (H_R - H_W)}{H_R} \qquad \left[\dot{V}_E \right] = \frac{l \cdot \text{mmol} \cdot l}{s \cdot \text{mmol} \cdot l} = \frac{l}{s}$$

Lösung Beispiel:

$$\dot{V}_{E1} = \frac{1,7 \cdot (4,2 - 1,5)}{4,2} = 1,09$$

$$\dot{V}_{E2} = \frac{0,5 \cdot (4,2 - 0,5)}{4,2} = 0,44$$

$$\dot{V}_E = 1,09 \frac{1}{s} + 0,44 \frac{1}{s} = 1,53$$

Volumenstrom Enthärtungsanlage total

$\dot{V}_E = \underline{\underline{1,53 \text{ l/s}}}$

b) Enthärtungskapazität C_B

Grundlagen:

Muster:

Beispiel:

$$C_B = \frac{V \cdot (H_R - H_W)}{1'000}$$

$$[C_B] = \frac{l \cdot \text{mmol} \cdot \text{mol}}{d \cdot l \cdot \text{mmol}} = \frac{\text{mol}}{d}$$

Lösung Beispiel:

$$C_{BW} = \frac{3'600 \cdot (4,2 - 1,5)}{1000} = 9,7$$

$$C_{BK} = \frac{4'200 \cdot (4,2 - 0,5)}{1'000} = 15,5$$

$$C_B = 9,7 + 15,5 = 25,2$$

Enthärtungskapazität pro Tag

$C_B = \underline{25,2 \text{ mol/d}}$

c) Druckverlust Enthärtungsanlage Δp_E

Grundlagen:

Muster:

Beispiel:

▪ Gewähltes Fabrikat:

▪ Gewählte(r) Typ / Anlagegrösse:

▪ k_{VS} - Wert (= Druckverlust gewählte Anlage) $\Delta p_A = \dots$ bar $\Delta p_A = \mathbf{1,0}$ bar

▪ Volumenstrom der gewählten Anlage

 $\dot{V}_A = \dots$ l/s $\dot{V}_A = \mathbf{2,10}$ l/s

▪ Enthärterkapazität gewählte Anlage

 $C_A = \dots$ mol/d $C_A = \mathbf{80,0}$ mol/d

$$\Delta p_E = \frac{\Delta p_A \cdot \dot{V}_E^2}{\dot{V}_A^2}$$

$$[\Delta p_E] = \frac{\text{bar} \cdot l^2 \cdot s^2}{l^2 \cdot s^2} = \text{bar}$$

Lösung Beispiel:

$$\Delta p_E = \frac{1,0 \cdot 1,53^2}{2,1^2} = 0,53$$

Druckverlust Enthärtungsanlage

$\Delta p_E = \underline{0,53 \text{ bar}}$

d) Regenerationsintervall t

$$t = \frac{C_A}{C_B}$$

$$[t] = \frac{\text{mol} \cdot d}{\text{mol}} = d$$

Lösung Beispiel:

$$t = \frac{80}{25,2} = 3,17$$

Regenerationsintervall gewählt

$t = \underline{3 \text{ d}}$

e) Salzverbrauch m_s *Grundlagen:*

- Salzverbrauch pro mol
($\approx 0,20$ kg/mol)
- Enthärtungskapazität gewählte Anlage
- Entnahmeperiode

Muster:

$$m_v = \dots \text{ kg/mol}$$

$$C_B = \dots \text{ mol/d}$$

$$t = \dots \text{ d}$$

Beispiel:

$$m_v = \mathbf{0,20} \text{ kg/mol}$$

$$C_B = \mathbf{25,2} \text{ mol/d}$$

$$t = \mathbf{30} \text{ d}$$

$$m_s = m_v \cdot C_B \cdot t$$

$$[m_s] = \frac{\text{kg} \cdot \text{mol} \cdot \text{d}}{\text{mol} \cdot \text{d}} = \text{kg}$$

Lösung Beispiel:

$$m_s = 0,2 \cdot 25,2 \cdot 30 = 151,2$$

Salzverbrauch pro Monat

$$m_s = \mathbf{150 \text{ kg}}$$

f) Betriebskosten (nur Salz) B_K *Grundlagen:*

- Salzkosten
($\approx 0,55 - 0,65$ Fr/kg)

Muster:

$$S_K = \dots \text{ Fr/kg}$$

Beispiel:

$$S_K = \mathbf{0,60} \text{ Fr/kg}$$

$$B_K = m_s \cdot S_K$$

$$[B_K] = \frac{\text{kg} \cdot \text{CHF}}{\text{Mt} \cdot \text{kg}} = \frac{\text{CHF}}{\text{Mt}}$$

Lösung Beispiel:

$$B_K = 150 \cdot 0,60 = 90$$

Betriebskosten Salz

$$B_K = \mathbf{90,00 \text{ Fr/Mt}}$$