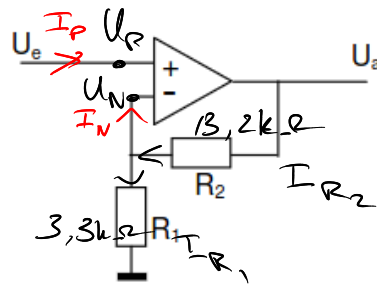


#### Aufgabe 4. (6 P)

Bestimmen Sie das Übertragungsverhalten

$U_a = f(U_e)$  der nebenstehenden Operationsverstärkerschaltung (allgemein und für die

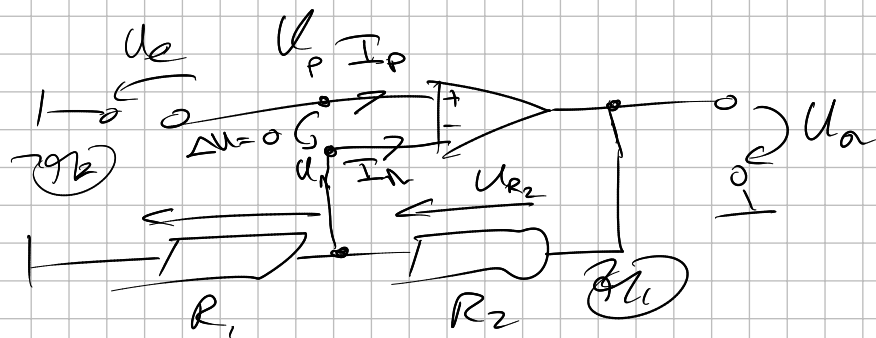
Widerstandswerte  $R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$  und  $R_2 = 13,2 \text{ k}\Omega$ ).



Ideal:  $I_p = 0; I_n = 0; U_p = U_n$

$$\frac{I}{U} = I_{R_2} - I_{R_1}$$

$$\mathcal{N}_2: U_{R_2} + U_{R_1} - U_a = 0$$



$$I_n = I_{R_2} - I_{R_1}$$

$$U_p = U_n$$

$$U_{R_2} = I_{R_2} \cdot R_2$$

$$U_n = U_a - U_{R_2}$$

$$\Leftrightarrow U_{R_2} = (I_n + I_{R_1}) \cdot R_2$$

$$U_p = U_a - U_{R_2}$$

$$\Leftrightarrow I_n = \frac{U_{R_2}}{R_2} - I_{R_1}$$

$$U_e = U_a - U_{R_2}$$

$$\Rightarrow U_a = U_e + U_{R_2}$$

$$\mathcal{N}_1: U_a - U_{R_1} - U_{R_2} = 0$$

$$\mathcal{N}_2: -U_e + U_{R_1} = 0$$

$$U_n - U_e - U_{R_2} = 0$$

$$\Rightarrow U_a = U_e + U_{R_2}$$

$$\hookrightarrow \frac{I}{R_1} = \frac{U}{R_1}$$

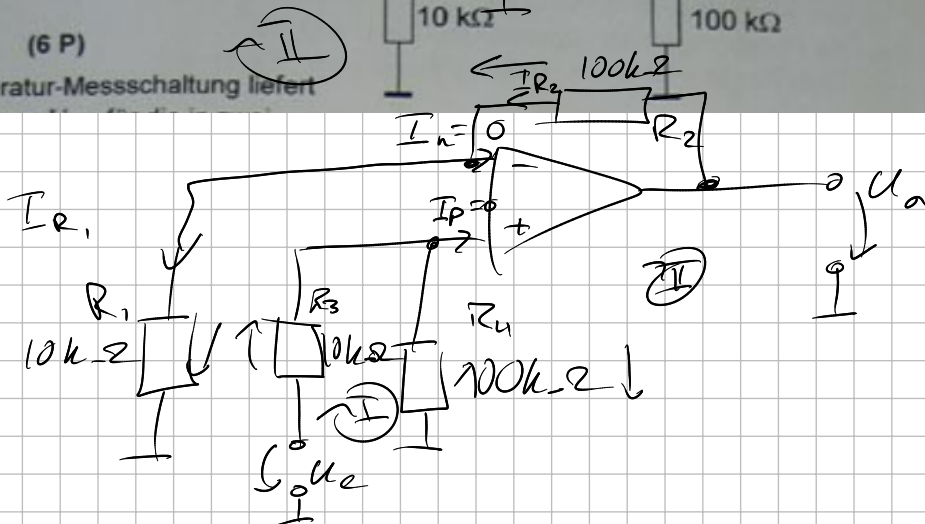
$$\Rightarrow U_a = U_e + I_{R_2} \cdot R_2 = U_e + I_{R_1} \cdot R_2$$

$$\Rightarrow U_a = U_e + U_e \cdot R_1 \cdot R_2 = U_e \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$\Rightarrow U_a = U_e \left( 1 + \frac{3,2 \text{ k}\Omega}{3,3 \text{ k}\Omega} \right) = 5 U_e \quad \checkmark$$

**Aufgabe 5. (4 P)**  
Bestimmen Sie das Übertragungsverhalten  $U_a = f(U_e)$  der nebenstehenden Operationsverstärkerschaltung.

**Aufgabe 6. (6 P)**  
Eine Temperatur-Messschaltung liefert



$$I_n = 0 \Rightarrow I_{R_1} = I_{R_2} \quad I_p = 0 \Rightarrow I_{R_3} = I_{R_4}$$

$$I: 0 = U_{R_3} + U_{R_4} - U_e \Leftrightarrow U_e = U_{R_3} + U_{R_4}$$

$$II: 0 = +U_a - U_{R_1} - U_{R_2} \Leftrightarrow U_a = -U_{R_1} - U_{R_2}$$

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{-U_{R_1} - U_{R_2}}{U_{R_3} + U_{R_4}} = \frac{-I_{R_1} (R_1 + R_2)}{I_{R_3} (R_3 + R_4)}$$

$$\Leftrightarrow \frac{-I_{R_1} (10 \text{ k}\Omega)}{I_{R_3} (110 \text{ k}\Omega)} = \frac{-I_{R_1}}{I_{R_3}} = \frac{U_a}{U_e}$$

$$U_a = \frac{-I_{R_1}}{I_{R_3}} \cdot U_e$$

$$U_p - U_n = 0 \Rightarrow I_{R_3} \cdot R_3 = I_{R_1} \cdot R_1 \Rightarrow \frac{I_{R_3}}{I_{R_1}} = \frac{R_1}{R_3}$$

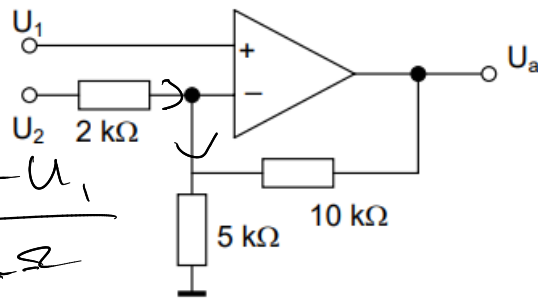
$$\Rightarrow \frac{-I_{R_1}}{I_{R_3}} = \frac{-R_3}{R_1} \Rightarrow U_a = \frac{-R_3}{R_1} \cdot U_e = \underline{\underline{-U_e}}$$

**Aufgabe 6. (6 P)**

Bestimmen Sie das Übertragungsverhalten

 $U_a = f(U_1, U_2)$  der nebenstehenden

Operationsverstärkerschaltung.



$$-I = \frac{U_2 - U_1}{2 \text{ k}\Omega}$$

$$U_- = U_+ = U_1 = U_2 - U_{2 \text{ k}\Omega} \Rightarrow U_{2 \text{ k}\Omega} = U_2 - U_1$$

$$I_n = 0 \Rightarrow \frac{U_{2 \text{ k}\Omega}}{2 \text{ k}\Omega} = \frac{U_2 - U_1}{2 \text{ k}\Omega} = I_1$$

$$I: -U_1 + U_{R_2} = 0 \Rightarrow \frac{U_1}{5 \text{ k}\Omega} = -I_{R_2}$$

$$IV: -U_1 + U_{R_3} + U_a = 0 \Rightarrow \frac{U_1 - U_a}{10 \text{ k}\Omega} = I_{R_3}$$

$$= \frac{U_1 - U_a}{10 \text{ k}\Omega} = I_{R_3}$$

$$I_1 = I_{R_3} - I_{R_2}$$

$$\frac{U_2 - U_1}{2 \text{ k}\Omega} = \frac{U_a - U_1}{10 \text{ k}\Omega} - \left( -\frac{U_1}{5 \text{ k}\Omega} \right)$$

$$\frac{U_2 - U_1}{2 \text{ k}\Omega} = \frac{U_1}{5 \text{ k}\Omega} + \frac{U_1 - U_a}{10 \text{ k}\Omega}$$

$$\frac{5(U_2 - U_1)}{10 \text{ k}\Omega} = \frac{2U_1}{10 \text{ k}\Omega} + \frac{U_1 - U_a}{10 \text{ k}\Omega}$$

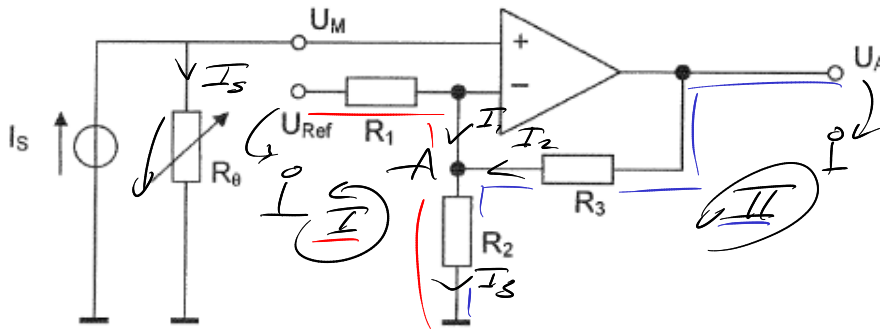
$$5U_2 - 5U_1 - 2U_1 - U_1 = -U_a$$

$$5U_2 - 8U_1 = -U_a \quad (\cdot (-1))$$

$$8U_1 - 5U_2 = U_a \quad \checkmark$$

### Aufgabe 7. (8 P)

Gegeben ist folgende Schaltung zur Temperaturmessung:



Die Charakteristik des temperaturabhängigen Widerstands sei gegeben durch

$$R_\vartheta = 100\Omega \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta) \text{ mit dem Temperaturkoeffizienten } \alpha = 0,004\text{K}^{-1} \text{ und } \vartheta \text{ in } ^\circ\text{C}.$$

$$I_S = 1 \text{ mA}, U_{\text{Ref}} = 2,5 \text{ V}, R_1 = 23,5 \text{ k}\Omega, R_2 = 1 \text{ k}\Omega, R_3 = 47 \text{ k}\Omega.$$

- Bestimmen Sie  $U_M(\vartheta)$ .
- Bestimmen Sie die Beziehung zwischen  $U_A$  und  $U_M$  und geben Sie  $U_A(\vartheta)$  an.
- Skizzieren Sie  $U_A(\vartheta)$  für den Temperaturbereich  $0^\circ\text{C}$  bis  $100^\circ\text{C}$ .

$$I_n = 0; I_p = 0$$

$$\text{a) } U_{R_0} = I_S \cdot R_\vartheta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 100 \Omega \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)$$

$$\underline{U_{R_0}(\vartheta) = 0,1 \text{ V} \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)}$$

$$\text{b) } U_p = U_n \Rightarrow U_{R_1}(\vartheta) = 2,5 \text{ V} - I_1 \cdot R_1$$

Knoten A:  $I_1 + I_2 = I_S$

$$\text{I: } -U_{R_2} - \underbrace{U_{R_1} + U_{\text{ref}}}_{U_{R_1}(\vartheta)} = 0 \Rightarrow U_n(\vartheta) = U_{R_2}$$

$$\text{II: } -U_a + U_{R_3} + U_{R_2} = 0$$

$$\text{III: } -U_a + U_{R_3} - \underbrace{U_{R_1} + U_{\text{ref}}}_{U_{R_1}(\vartheta)} = 0$$

$$\Rightarrow U_a = U_{R_3} + U_{R_2}(\vartheta)$$

$$U_{R_3} = R_3 \cdot (I_1 + I_2) = R_3 \cdot \left( \frac{U_{R_1}(\vartheta)}{R_1} + \frac{U_{R_2}(\vartheta)}{R_2} \right)$$

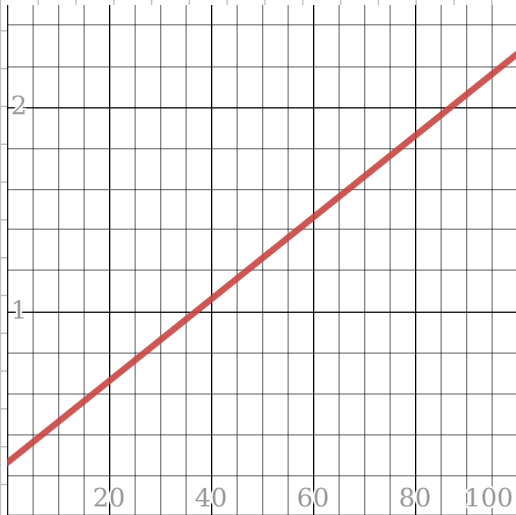
$$\Rightarrow U_a(I) = U_{gr}(I) \cdot \left( 1 + \underbrace{\frac{R_3}{R_1}}_2 + \underbrace{\frac{R_3}{R_2}}_{47} \right)$$

$$U_a(I) = 50 U_{gr}(I) \quad // \text{ bisschen viel oder?}$$

$$U_a(I) = \underline{5V \cdot \left( 1 + 0,004 \frac{1}{K} \cdot I \right)}$$

$$0^\circ\text{C} \hat{=} 273,15^\circ\text{K}$$

$$\Rightarrow U_a(I) = 5V \cdot \left( 1 + 0,004 \frac{1}{K} \cdot (I - 273,15K) \right)$$



Was eine Skizze... und wow!