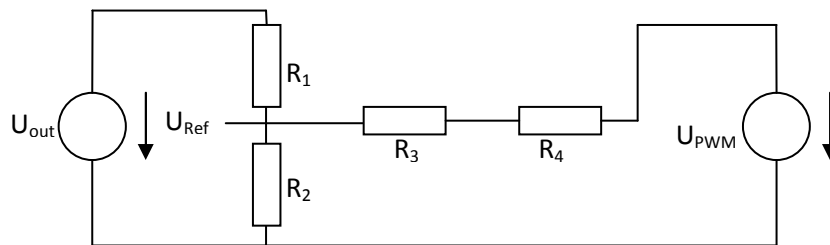


**Abbildung 1: Spannungsregelung – schematisch**

**Dimensionierung der Widerstände:**

Die dabei zu Grunde liegende Idee ist, dass die einzige festgelegte Spannung in der Schaltung am Gemeinsamen Punkt der Widerstände R1, R2, R3, R4 auftritt. Die dort anliegende Spannung wird als  $U_{ref}$  bezeichnet. Darüber kann die Ausgangsspannung eingestellt werden. Um eine Berechnung zu ermöglichen ist die Anwendung von Ersatzschaltbildern notwendig.

**ESB1 (Verwendung von Ersatzspannungsquellen):**

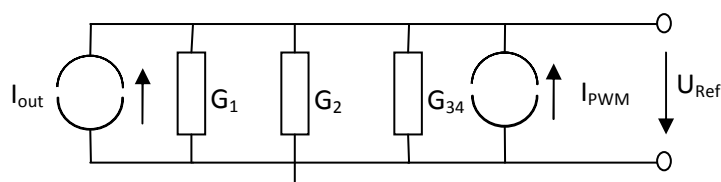


**Abbildung 2: Ersatzspannungsquellenschaltbild des Reglers**

Da die Berechnungen der benötigten Potentiale und Widerstände mit den Ersatzspannungsquellen relativ schwierig zu bewältigen ist, wird der Übergang zu Ersatzstromquellen erforderlich.

**ESB2 (Verwendung von Ersatzstromquellen):**

Die Berechnung wird mittels des Knotenpotentialverfahrens durchgeführt.



**Abbildung 3: Ersatzstromquellenschaltbild**

Allgemeine Dimensionierungsgleichung der Widerstände

$$I_{out} = I_{q1} = \frac{U_{out}}{R_1}; \quad I_{PWM} = I_{q2} = \frac{U_{PWM}}{R_3 + R_4};$$

$$G_{34} = \frac{1}{R_3 + R_4}; \quad G_1 = \frac{1}{R_1}; \quad G_2 = \frac{1}{R_2};$$

$$(G_1 + G_2 + G_{34}) \cdot U_{Ref} = I_{q1} + I_{q2}$$

$$G_1 + G_2 + G_{34} = \frac{I_{q1} + I_{q2}}{U_{Ref}}$$

$$G_1 + G_2 + G_{34} = \frac{U_{out}}{R_1 \cdot U_{Ref}} + \frac{U_{PWM}}{(R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}} = \frac{1}{U_{Ref}} \left( \frac{U_{out}}{R_1} + \frac{U_{PWM}}{R_3 + R_4} \right)$$

$$\boxed{G_1 + G_2 = \frac{1}{U_{Ref}} \left( \frac{U_{out}}{R_1} + \frac{U_{PWM}}{R_3 + R_4} \right) - \frac{1}{R_3 + R_4}}$$

Berechnung von  $U_{out,max}$  unter Bedingung  $U_{PWM} := 0$

$$G_1 + G_2 = \frac{1}{U_{Ref}} \left( \frac{U_{out,max}}{R_1} \right) - \frac{1}{R_3 + R_4}$$

$$G_2 = \frac{U_{out,max}}{U_{Ref}} \cdot \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_3 + R_4} - \frac{1}{R_1}$$

$$G_2 = \frac{(R_3 + R_4) \cdot U_{out,max} - R_1 \cdot U_{Ref} - (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}}$$

$$G_2 = \frac{(R_3 + R_4) \cdot (U_{out,max} - U_{Ref}) - R_1 \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}}$$

$$\boxed{R_2 = \frac{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}}{(R_3 + R_4) \cdot (U_{out,max} - U_{Ref}) - R_1 \cdot U_{Ref}}}$$

Berechnung von  $U_{out,min}$  unter Bedingung  $U_{PWM} := U_{PWM,max}$

$$G_1 + G_2 = \frac{1}{U_{Ref}} \left( \frac{U_{out,min}}{R_1} + \frac{U_{PWM,max}}{R_3 + R_4} \right) - \frac{1}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{(R_3 + R_4) \cdot (U_{out,max} - U_{Ref}) - R_1 \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}} = \frac{1}{U_{Ref}} \cdot \left( \frac{U_{out,min}}{R_1} + \frac{U_{PWM,max}}{R_3 + R_4} \right) - \frac{1}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{(R_3 + R_4) \cdot U_{Ref} + (R_3 + R_4) \cdot (U_{out,max} - U_{Ref}) - R_1 \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}} = \frac{1}{U_{Ref}} \cdot \left( \frac{U_{out,min}}{R_1} + \frac{U_{PWM,max}}{R_3 + R_4} \right) - \frac{1}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{(R_3 + R_4) \cdot U_{out,max} - R_1 \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}} = \frac{1}{U_{Ref}} \cdot \left( \frac{U_{out,min}}{R_1} + \frac{U_{PWM,max}}{R_3 + R_4} \right) - \frac{1}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{(R_3 + R_4) \cdot U_{out,max} - R_1 \cdot U_{Ref} + R_1 \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}} = \frac{1}{U_{Ref}} \cdot \left( \frac{U_{out,min}}{R_1} + \frac{U_{PWM,max}}{R_3 + R_4} \right)$$

$$\frac{(R_3 + R_4) \cdot U_{out,max}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} = \frac{U_{out,min}}{R_1} + \frac{U_{PWM,max}}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{1}{R_1} \cdot (U_{out,max} - U_{out,min}) = \frac{U_{PWM,max}}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{U_{PWM,max}}{U_{out,max} - U_{out,min}} \cdot \frac{1}{R_3 + R_4}$$

$$R_1 = \frac{(R_3 + R_4) \cdot (U_{out,max} - U_{out,min})}{U_{PWM,max}}$$

Berechnung von  $U_{out}$  in Abhängigkeit von  $R_1 - R_4$  und  $U_{Ref}$

$$G_1 + G_2 = \frac{1}{U_{Ref}} \left( \frac{U_{out}}{R_1} + \frac{U_{PWM}}{R_3 + R_4} \right) - \frac{1}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{U_{out}}{U_{Ref}} + \frac{1}{R_3 + R_4} \cdot \frac{U_{PWM}}{U_{Ref}} - \frac{1}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{(R_3 + R_4) \cdot U_{out} + R_1 \cdot U_{PWM} - R_1 \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}} - \frac{1}{R_1}$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{(R_3 + R_4) \cdot U_{out} + R_1 \cdot U_{PWM} - R_1 \cdot U_{Ref} - (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}}$$

$$-\frac{R_3 + R_4}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}} \cdot U_{out} = \frac{R_1 \cdot U_{PWM} - R_1 \cdot U_{Ref} - (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}} - \frac{1}{R_2}$$

$$U_{out} = -R_1 \cdot U_{Ref} \left( \frac{R_1 \cdot U_{PWM} - R_1 \cdot U_{Ref} - (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}}{R_1 \cdot (R_3 + R_4) \cdot U_{Ref}} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$U_{out} = -\frac{R_1}{R_3 + R_4} U_{PWM} + \frac{R_1}{R_3 + R_4} U_{Ref} + U_{Ref} + \frac{R_1}{R_2} U_{Ref}$$

$$U_{out} = U_{Ref} \left( 1 + \frac{R_1}{R_3 + R_4} + \frac{R_1}{R_2} \right) - \frac{R_1}{R_3 + R_4} U_{PWM}$$