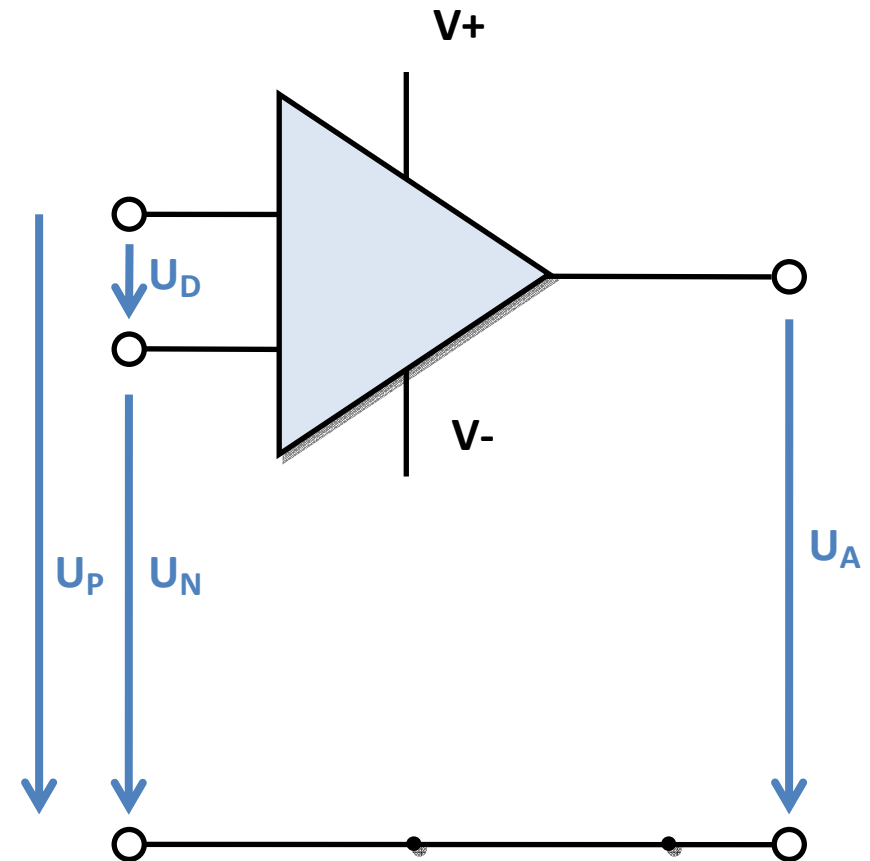


## Gegenkopplung, Mitkopplung:

Wenn an die beiden Eingänge des Operationsverstärkers unterschiedliche Spannungen angelegt werden, führt die hohe Leerlaufverstärkung dazu, dass am Ausgang ständig die maximale bzw. minimale Ausgangsspannung ansteht (der OPV ist übersteuert).

In der Regel ist daher eine Außenbeschaltung des Operationsverstärkers notwendig, ein sog. **Rückkopplungsnetzwerk**, wodurch ein Teil der Ausgangsspannung auf einen der Eingänge zurückgeführt wird.

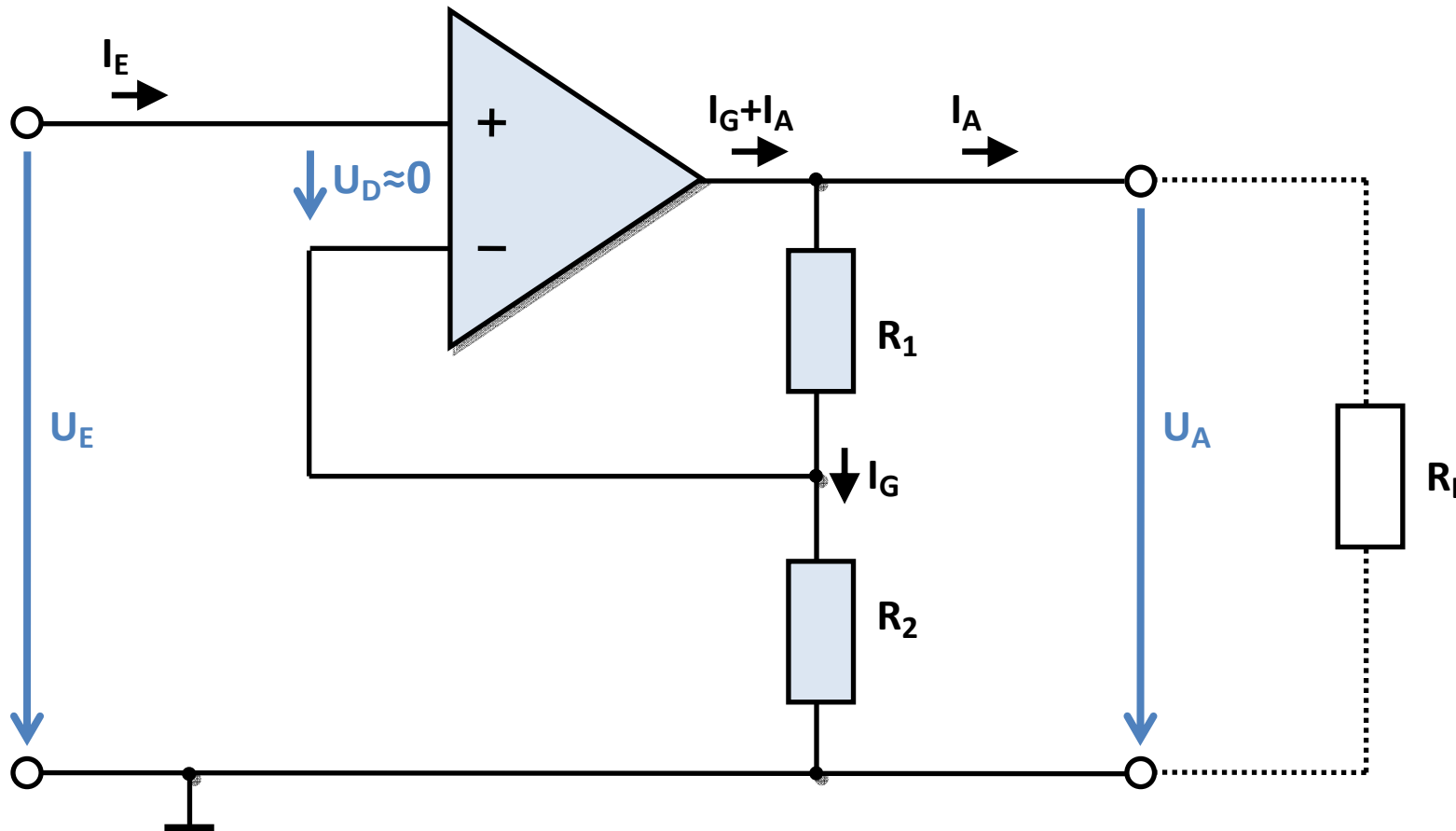
Wird die Ausgangsspannung auf den invertierenden („negativen“) Eingang zurückgeführt, spricht man von **Gegenkopplung**, sonst von **Mitkopplung**.



## 4.1.2 Grundsaltungen

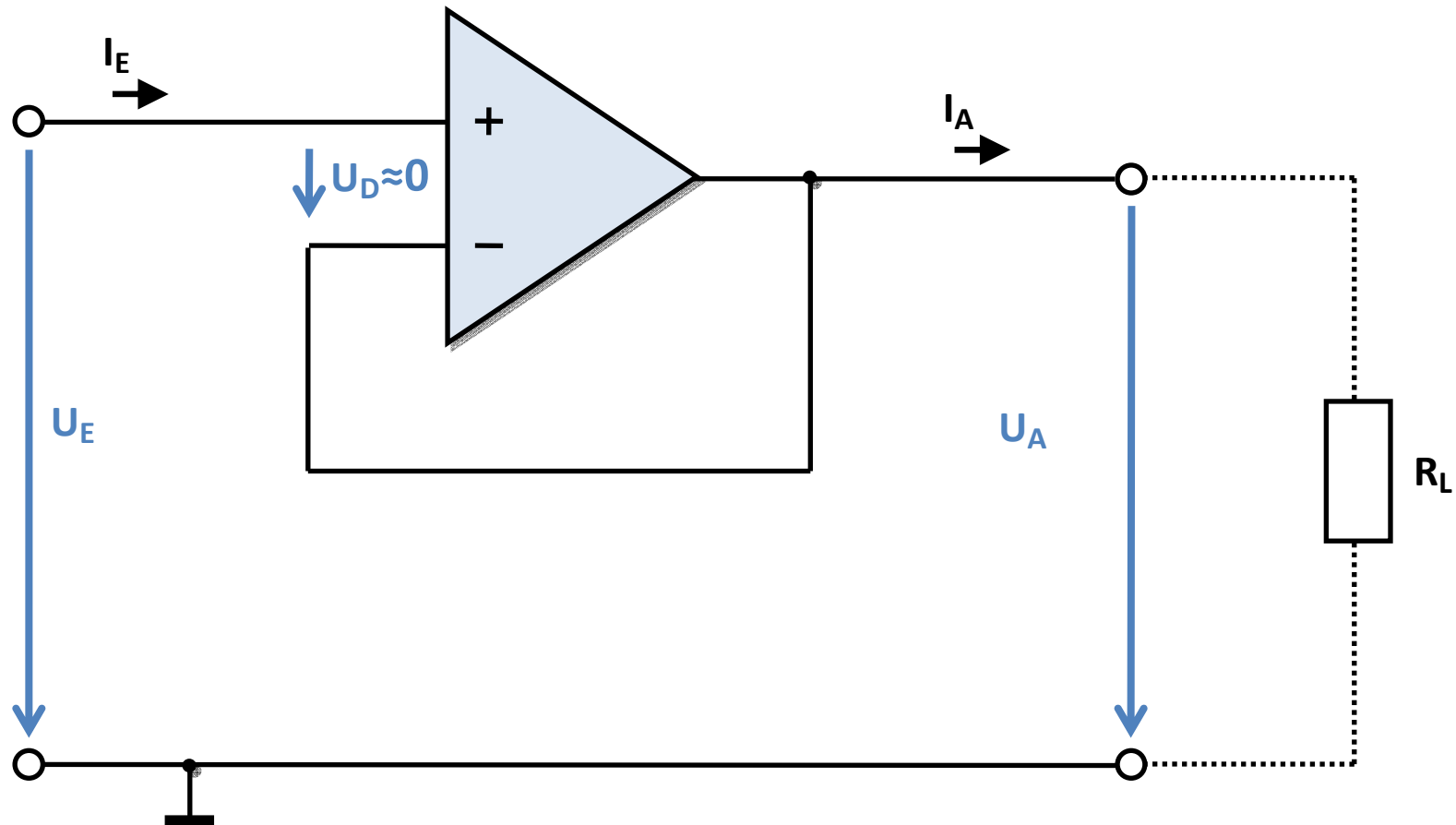
### Nichtinvertierender Verstärker:

Verstärkungsfaktor: 
$$v = \frac{U_A}{U_E} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$



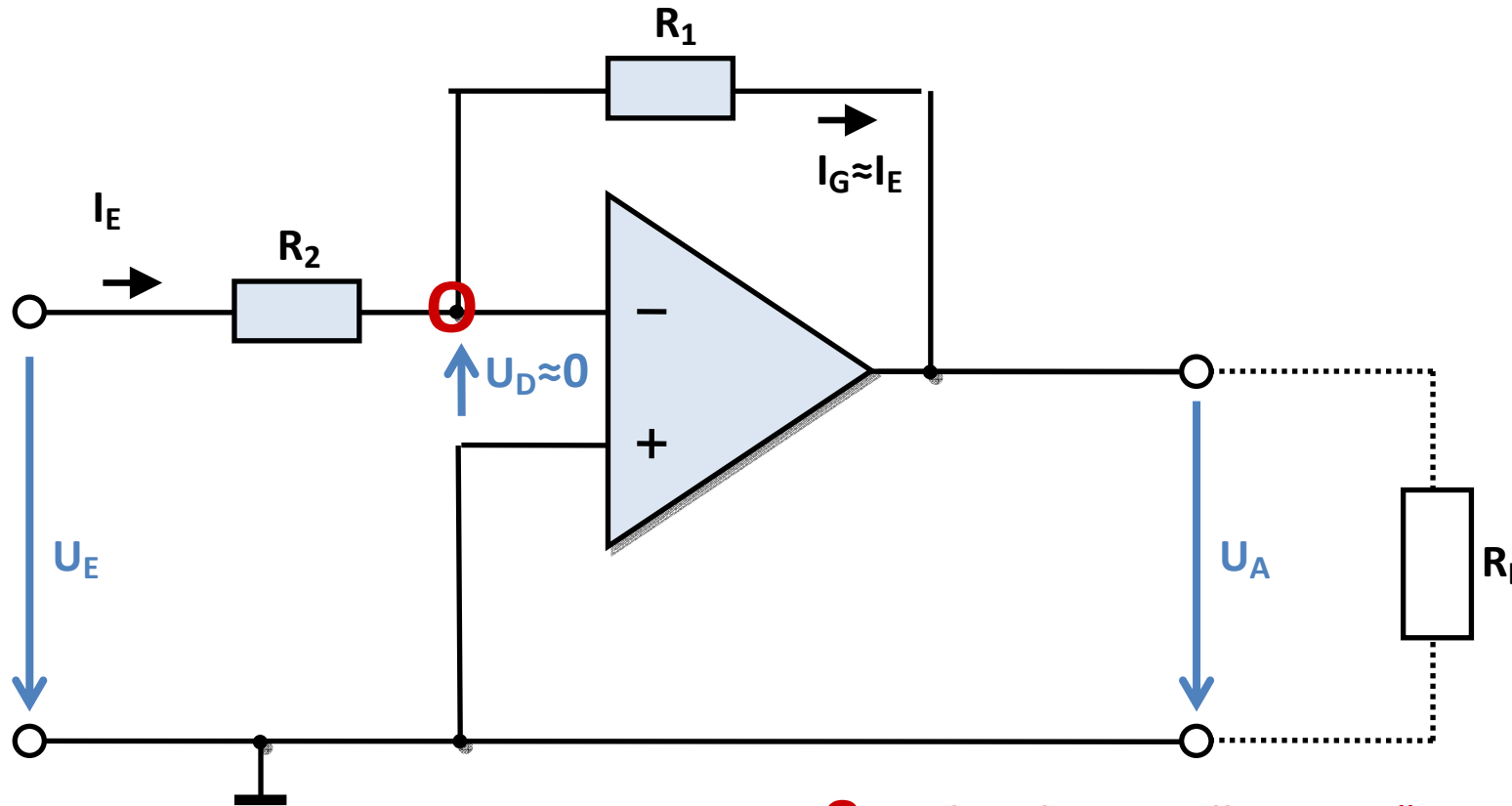
# Impedanzwandler:

Verstärkungsfaktor:  $v = \frac{U_A}{U_E} = 1$



## Invertierender Verstärker:

Verstärkungsfaktor: 
$$v = \frac{U_A}{U_E} = -\frac{R_1}{R_2}$$

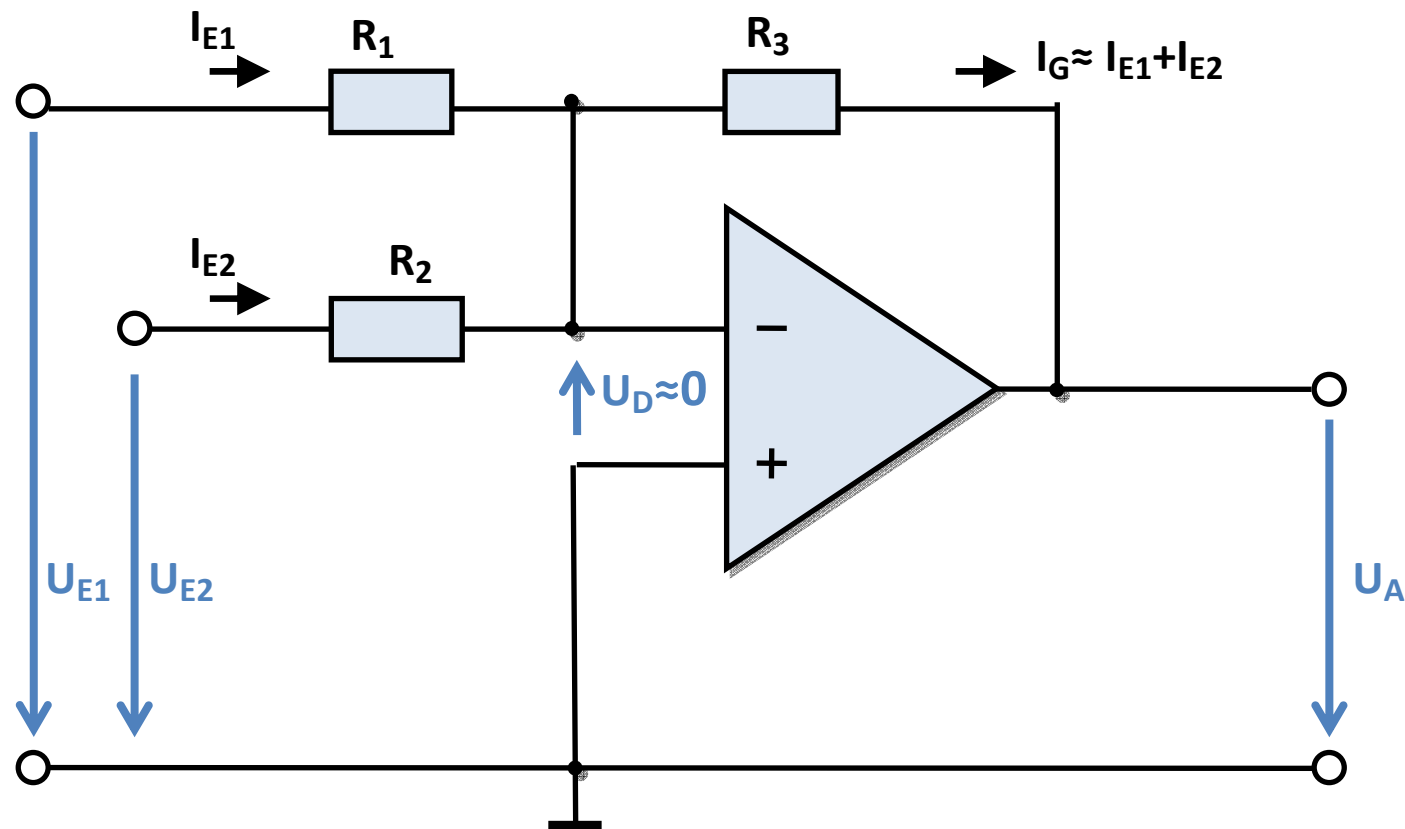


**Der Knoten O wird auch „virtuelle Masse“ genannt.**

## 4.1.3 Anwendungen

### Addierverstärker (invertierend):

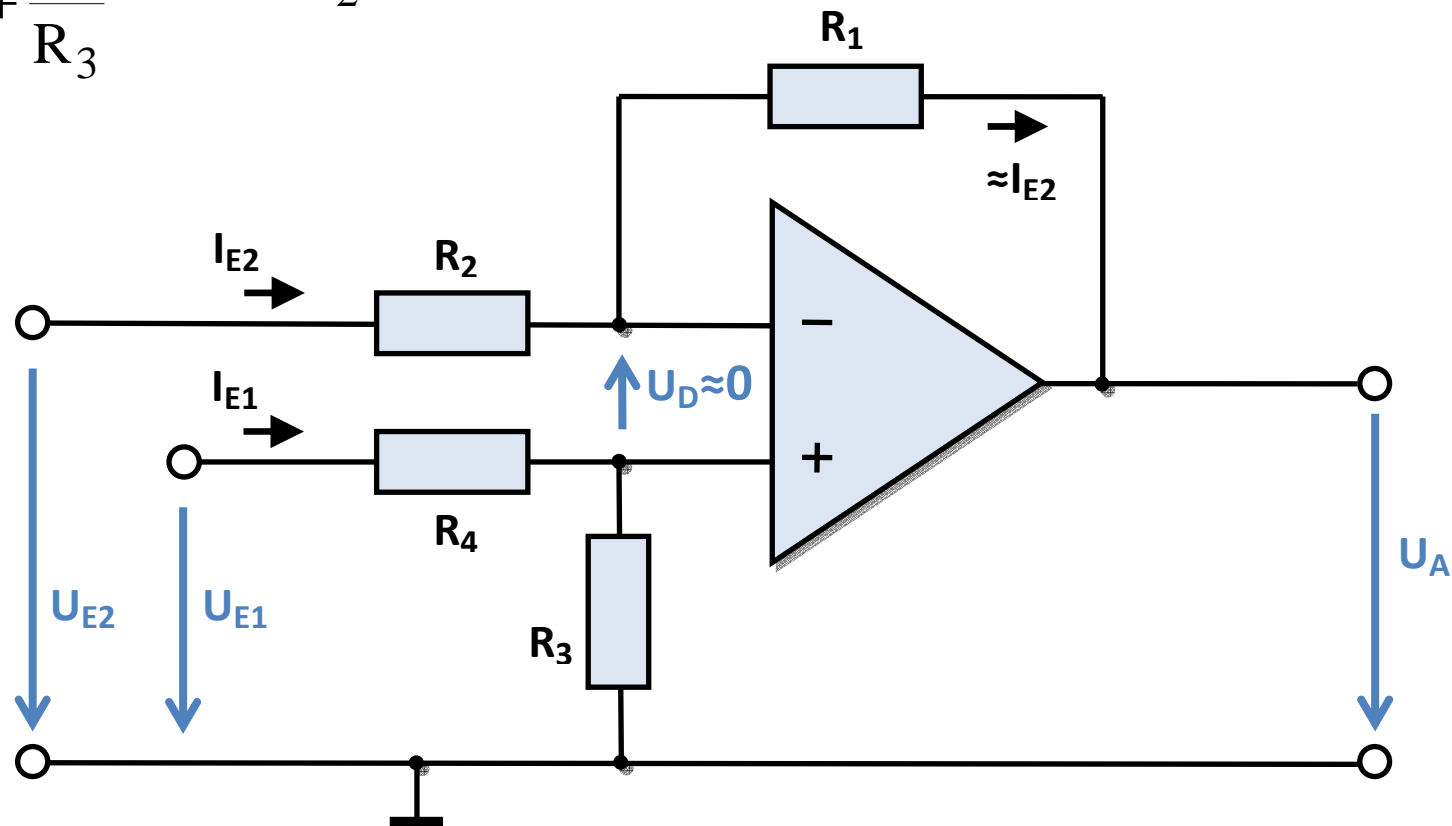
Ausgangsspannung: 
$$U_A = -\left(\frac{U_{E1}}{R_1} + \frac{U_{E2}}{R_2}\right) \cdot R_3$$



# Differenzverstärker:

*Ausgangsspannung:*

$$U_A = \frac{1 + \frac{R_1}{R_2}}{1 + \frac{R_4}{R_3}} \cdot U_{E1} - \frac{R_1}{R_2} \cdot U_{E2}$$

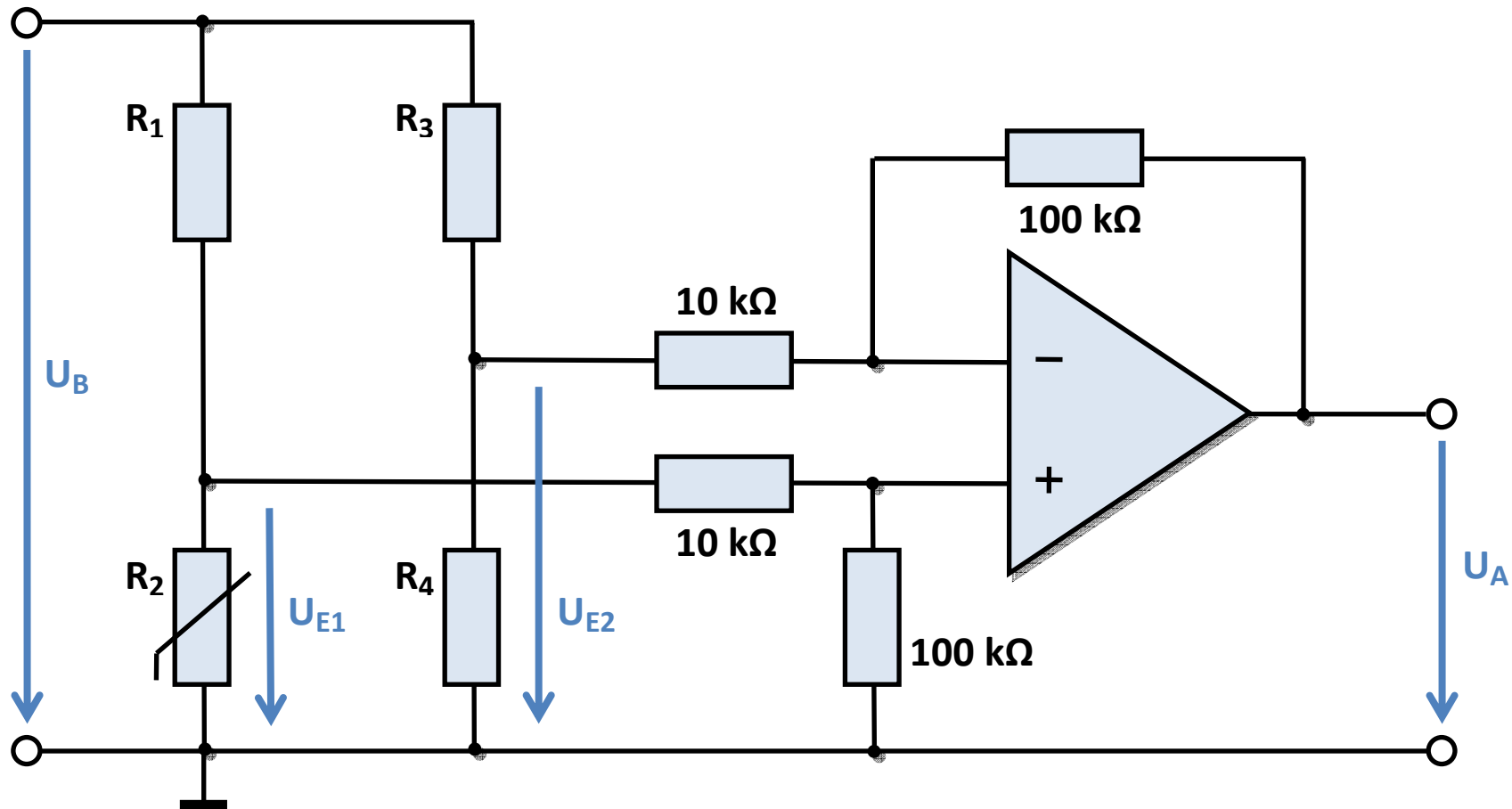


## Differenzverstärker mit Brückenschaltung: (z. B. zur Temperatur-, Strömungsmessung)

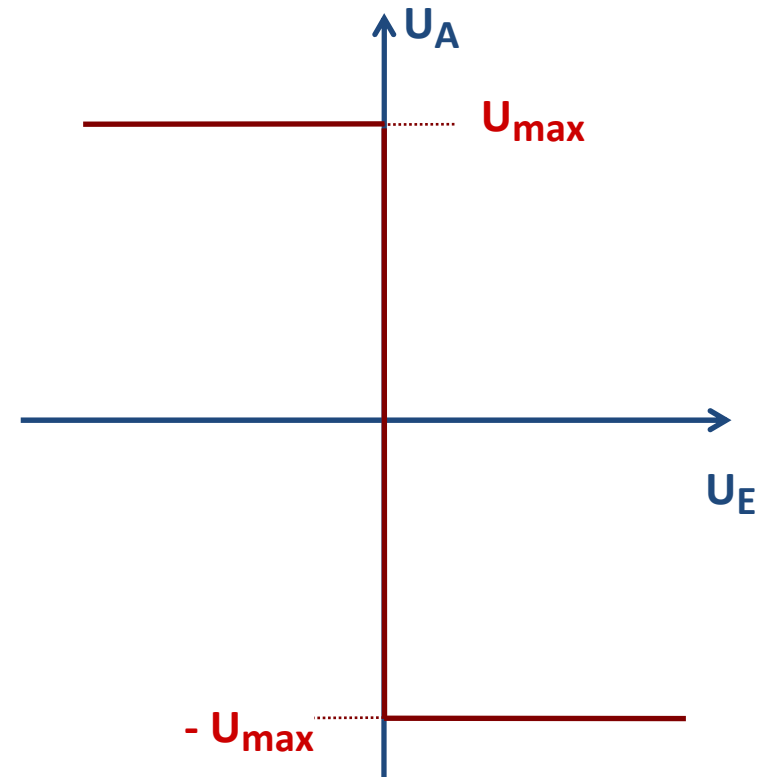
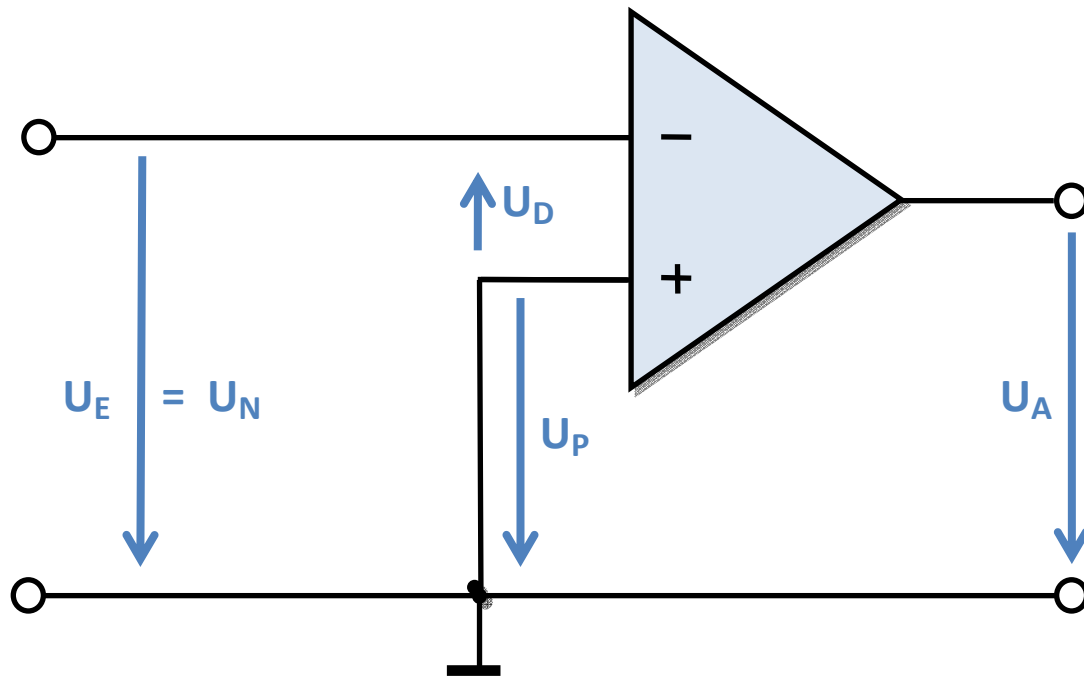
$$U_{E1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_B$$

$$U_{E2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot U_B$$

$$U_A = 10 \cdot (U_{E1} - U_{E2})$$



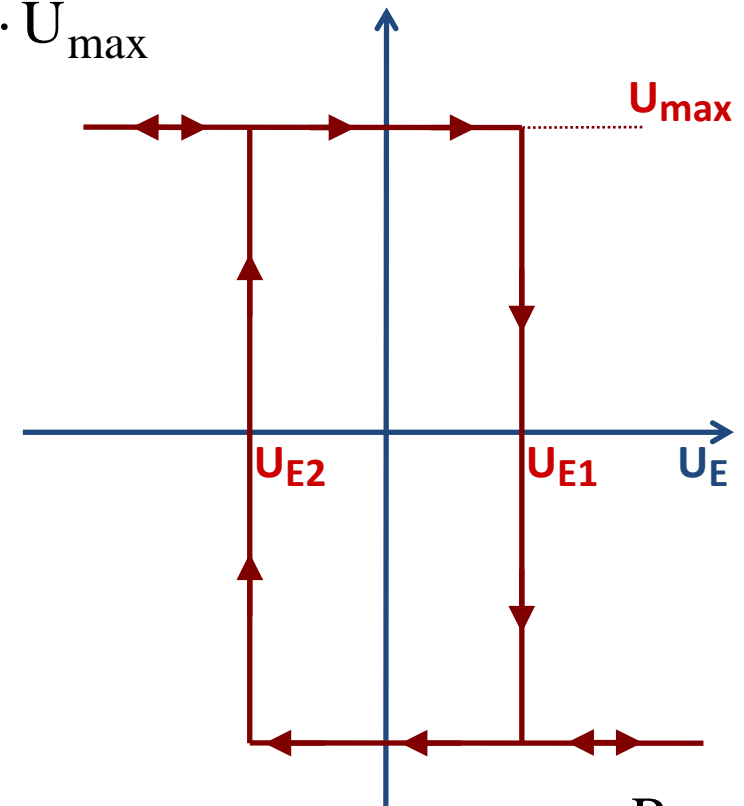
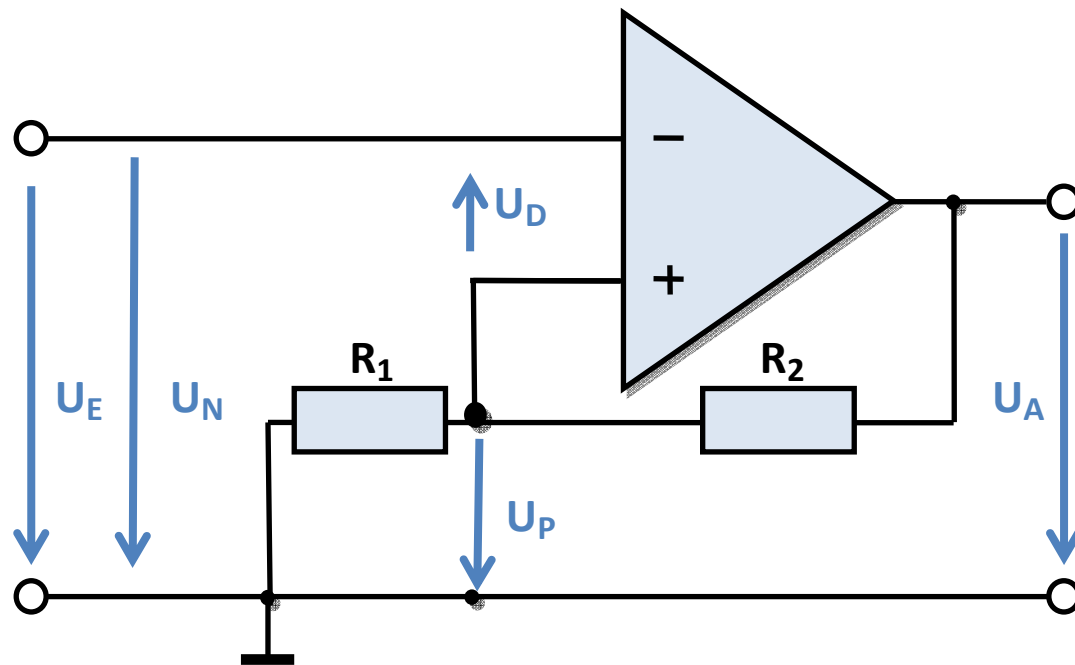
# Komparator ohne Hysterese, invertierend (leerlaufender OP):





# Komparator mit Hysterese, invertierend (Schmitt-Trigger):

Hysteresebreite:  $U_{EH} = U_{E1} - U_{E2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot 2 \cdot U_{max}$



$$U_{E1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{max}$$

Umschaltunkte:  $U_{E2} = -\frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{max}$

(Achtung: Mittkopplung , keine Gegenkopplung!)