
Elektrotechnik II

Übung 3

Prof. Dr. Göran Andersson

FS 2011

<http://www.eeh.ee.ethz.ch/>

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

eeh power systems
laboratory

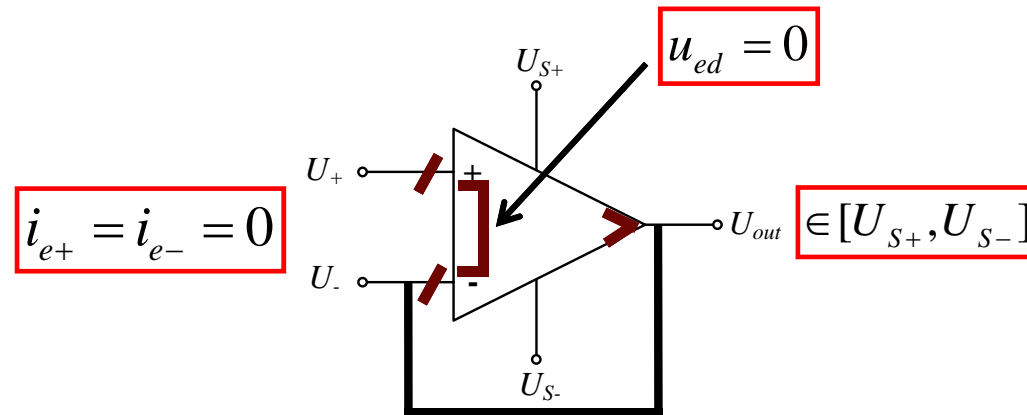
Feedback zur Übung 2

Ziel und Motivation der Übung 3

Ziele:

1. **Praktische Realisierung eines PID-Reglers**
2. **Rechnen mit Operationsverstärker (Prüfungsaufgabe):**
 - Lineare/Nicht lineare Verstärkerschaltungen

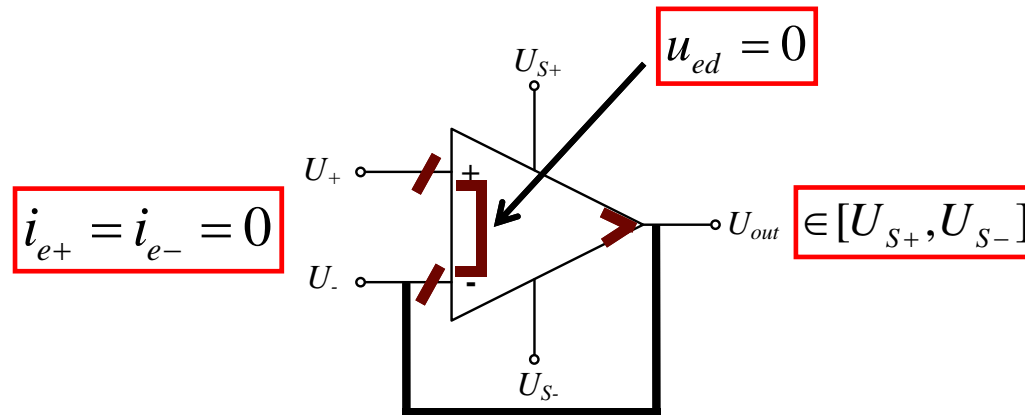
Ideale Verstärkerschaltung: (AS-63)



4 Eigenschaften oder Rechenregeln für ideale Operationsverstärker in Verstärkerschaltungen:

1. Eingangswiderstand unendlich hoch -> es fließt kein Strom in die Eingänge hinein oder heraus
2. Ausgangswiderstand ist null -> der Ausgang kann beliebig hohe Lasten treiben: ideale Stromquelle
3. Verstärkung der Eingangsspannungsdifferenz ist unendlich hoch -> Ausgangsspannung ist nur durch die Betriebsspannung U_S begrenzt
4. Eingangsspannungsunterschied $u_{ed} = 0$: virtueller Kurzschluss (aufgrund der negativen Rückkopplung)

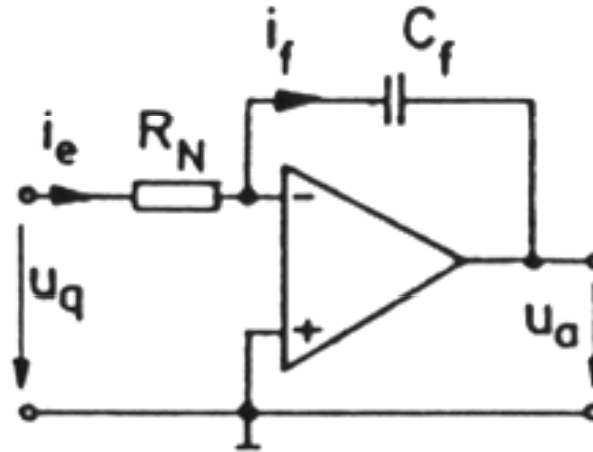
Ideale Verstärkerschaltung: (AS-63)



4 Eigenschaften oder Rechenregeln für ideale Operationsverstärker in Verstärkerschaltungen:

1. **Eingangswiderstand unendlich hoch** → es fließt kein Strom in die Eingänge hinein oder heraus
2. Ausgangswiderstand ist null -> der Ausgang kann beliebig hohe Lasten treiben: ideale Stromquelle
3. Verstärkung der Eingangsspannungsdifferenz ist unendlich hoch -> Ausgangsspannung ist nur durch die Betriebsspannung U_S begrenzt
4. **Eingangsspannungsunterschied $u_{ed} = 0$: virtueller Kurzschluss (aufgrund der negativen Rückkopplung)**

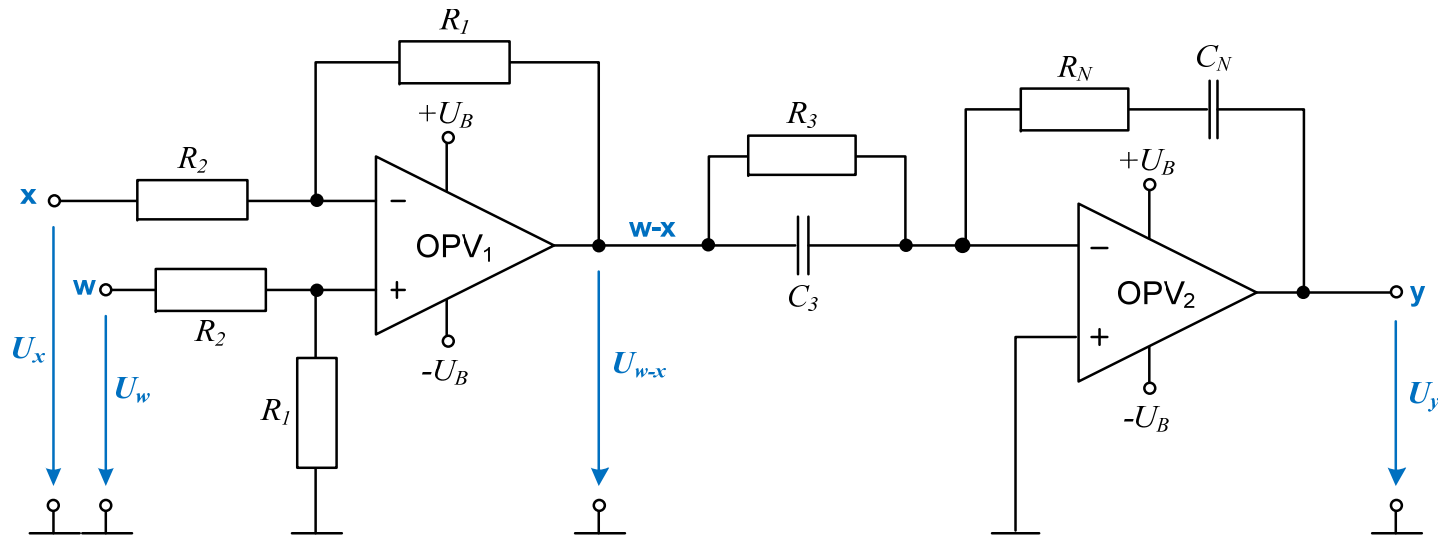
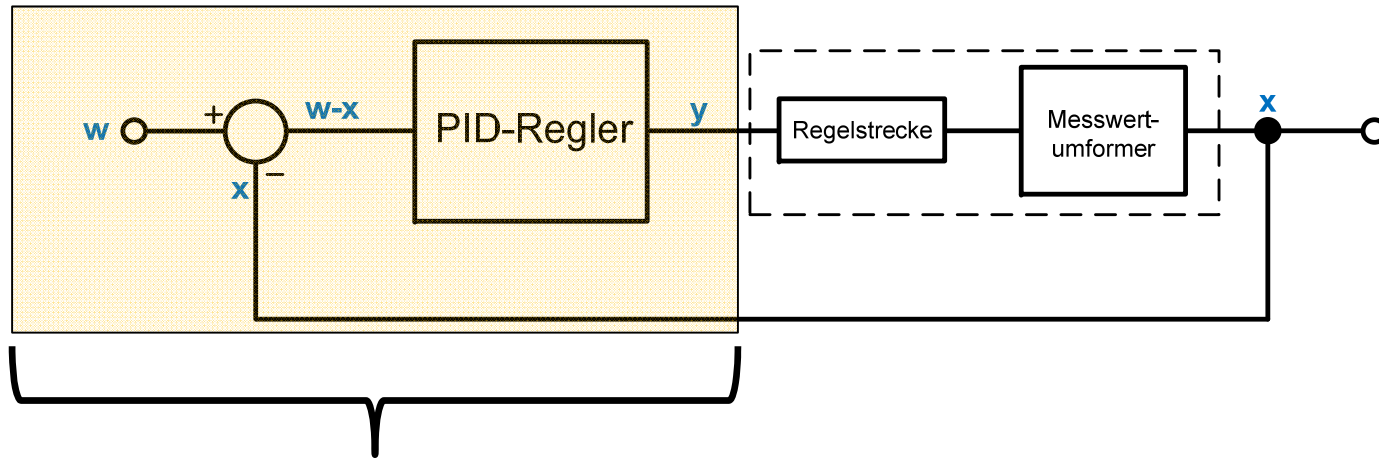
Beispielrechnung: Integrator (AS-38)



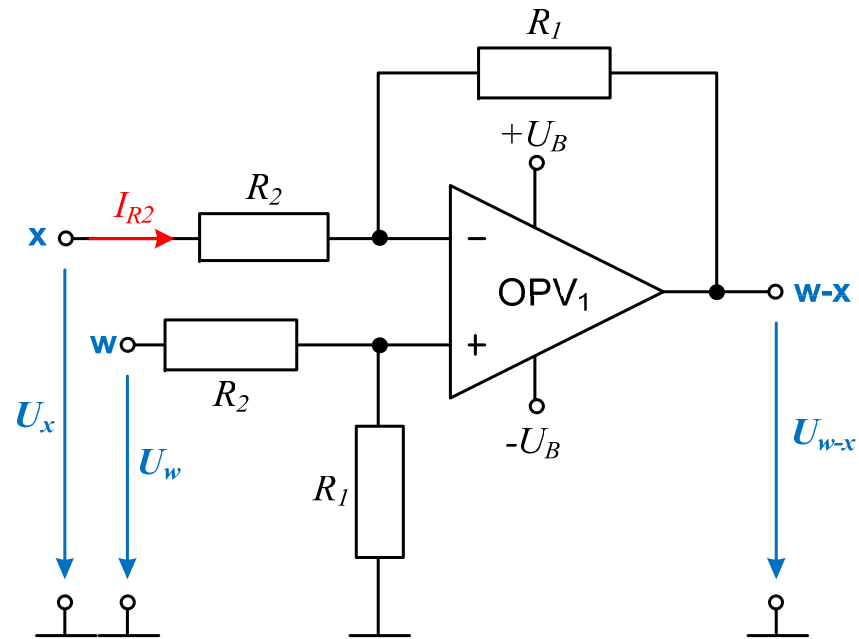
- Zeitbereich
- Frequenzbereich

 Integrator = Bestandteil des PID-Reglers

Übung 3: PID-Regler

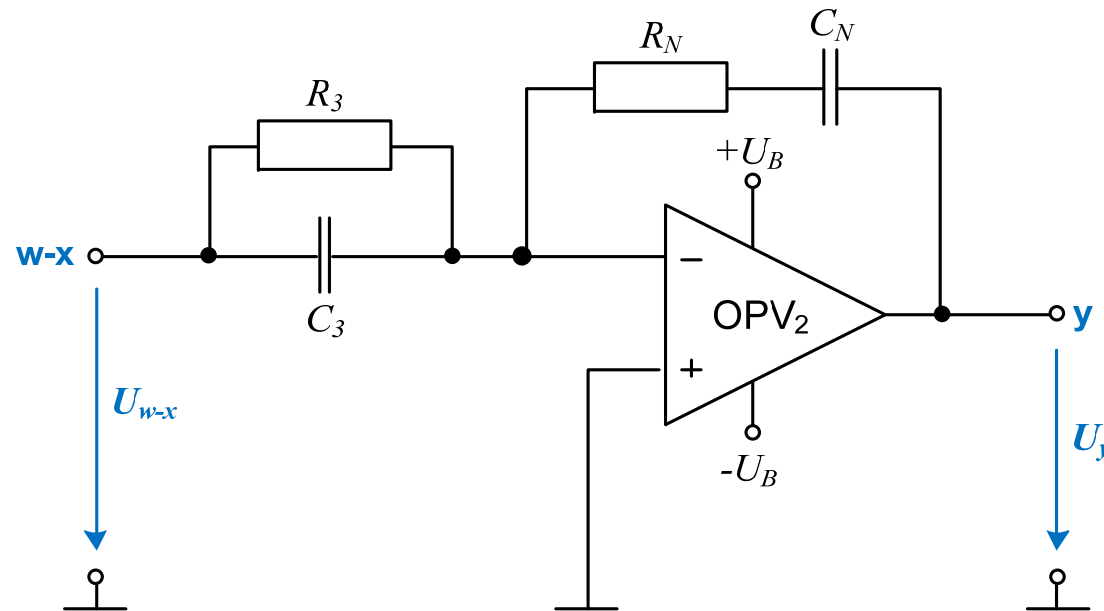


Aufgaben 1 & 2: Subtrahierer (AS-34)



1. Es sei $U_w = 7V$ und $U_x = 0V$. Lege den Widerstand R_2 so aus, dass der Eingangsstrom $I_{R2} = 7mA$ beträgt.
2. Die Spannung U_w soll jetzt $7V$, die Spannung $U_x = 2V$ betragen. Bestimme unter Berücksichtigung von dem vorhin berechneten Widerstand R_2 den Widerstand R_1 sodass $U_{w-x} = 5mV$. (Hinweis: I_{R2} anders als in 1))

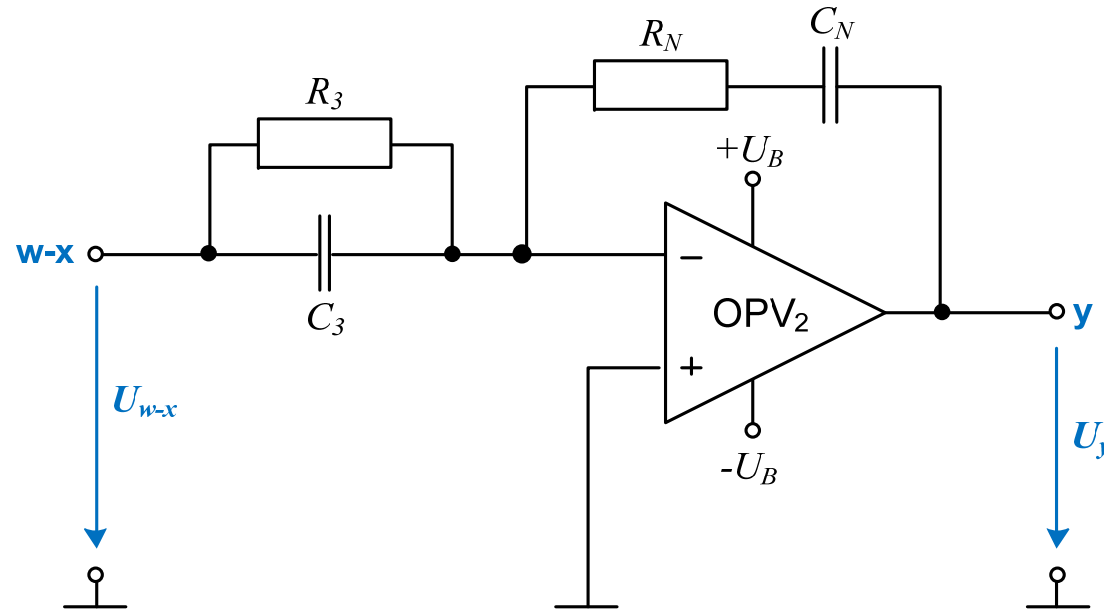
Aufgaben 3 & 4: PID-Regler: Zeitbereich



3. Zeige, dass der zeitliche Verlauf der Ausgangsspannung $U_y(t)$ in Abb. 4 folgende Funktion von $U_{w-x}(t)$ ist:

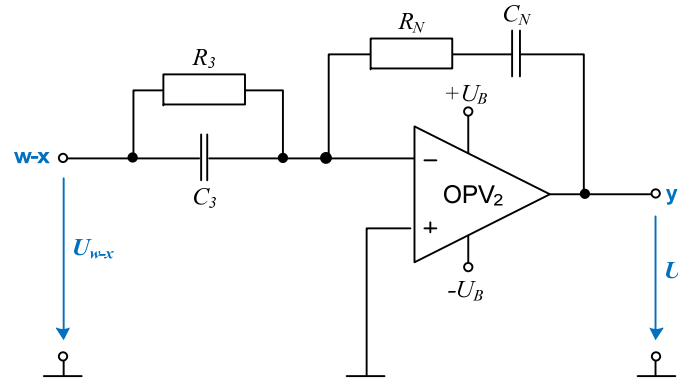
$$\begin{aligned} U_y(t) &= f(U_{w-x}(t), U_{w-x}'(t)) \\ &= -\left(\frac{R_N}{R_3} + \frac{C_3}{C_N}\right) U_{w-x}(t) - \frac{1}{R_3 C_N} \int U_{w-x}(t) dt - R_N C_3 U_{w-x}'(t) \end{aligned}$$

Aufgaben 3 & 4: PID-Regler: Zeitbereich



4. Es wird nun angenommen, dass am PID-Regler eine *konstante* Spannung von $U_{w-x} = 5\text{mV}$ angelegt wird. Berechne C_3 , sodass der Regler eine **Verstärkung** $U_y(t=0) / U_{w-x}(t=0) = -100$ besitzt. (Hinweis: $U_{w-x}(t < 0) = 0$)

Aufgaben 5: PID im Frequenzbereich

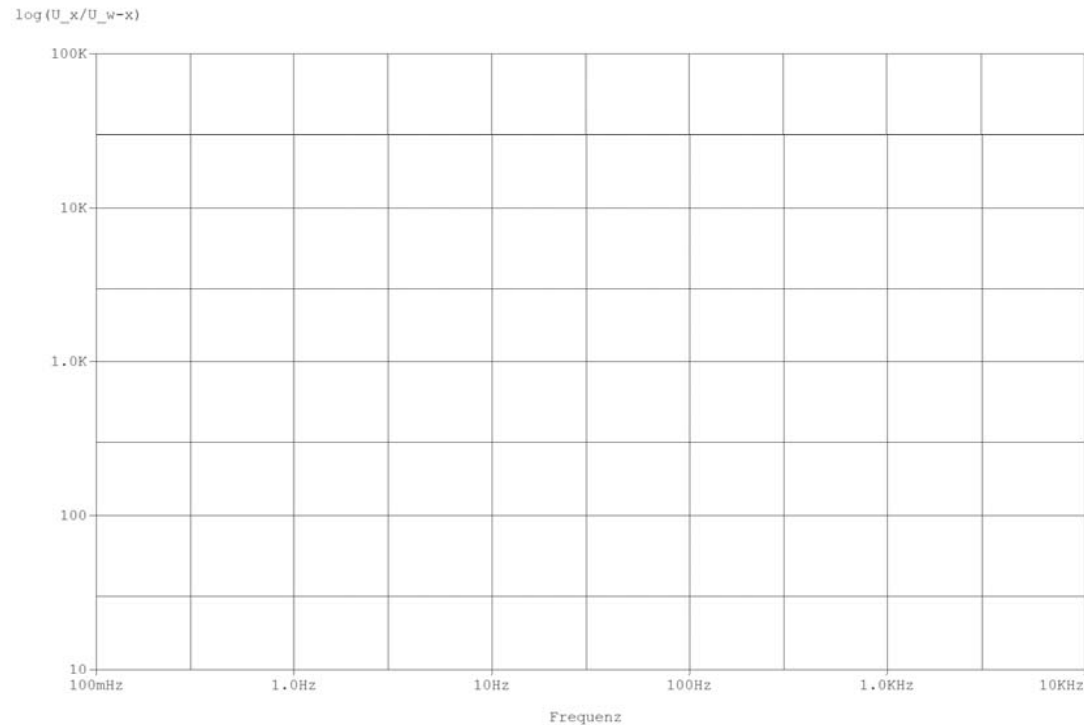


5. Berechne die Übertragungsfunktion des PID-Reglers für sinusförmige Eingangsspannungen (rechne im **Frequenzbereich**). Was kann in Bezug auf die vorher berechnete **Verstärkung** ausgesagt werden? (Hinweis: Benütze die Übertragungsfunktion des invertierenden Verstärkers)



Integrator-Beispiel: invertierender Verstärker (AS-64,66)

Aufgaben 6: PID: Frequenzgang



6. Zeichne qualitativ den Frequenzgang des Reglers unter Berücksichtigung der ermittelten Bauelemente in **Abb. 5**.

 Absolutwert der Übertragungsfunktion

Abgabe der Übung

Abgabe der Übung: 13. April **bis spätestens 15 Uhr:**

1. In der Vorlesung
2. Bei den Assistenten:
 - (Markus Imhof **ETL G22)**
 - Hubert Abgottspon **ETL I34**
 - Tobias Haring **ETL G23**
 - Roger Wiget **ETL G29**

Gruppenarbeiten sind nicht erlaubt!!

Begriffsdefinitionen (NW-67)

Mittelpunkt oder
Sternpunkt N

Punkt, der allen gleichwertigen Strombahnen gemeinsam ist: in Mehrphasensystemen ist dies der Sternpunkt. Von ihm geht der Mittelleiter N aus.

Strang

Einzelner Zweipol (Wicklung, Widerstand, usw.) liegt zwischen zwei Phasen oder einer Phase und dem Mittelleiter

Phasenspannung U_P

Spannung zwischen einer Phase und dem Sternpunkt, diese werden als \underline{U}_R , \underline{U}_S , \underline{U}_T bezeichnet

Aussenleiter Spannung U
(Verkettete Spannung)

Spannung zwischen zwei Phasen. Der Betrag der Aussenleiter Spannung ist um $\sqrt{3}$ höher als jener der Phasenspannung: $U = \sqrt{3}U_P$

Strangspannung U_{str}

Spannung an Strangwicklung oder Verbraucherstrang

Phasenstrom I_P

Strom in einer Phase

Strangstrom I_S
Mittelleiterstrom I_M

Strom in einer Strangwicklung einer Dreieckschaltung im Mittelleiter?

! Spannung U ist stets die Aussenleiter Spannung U !