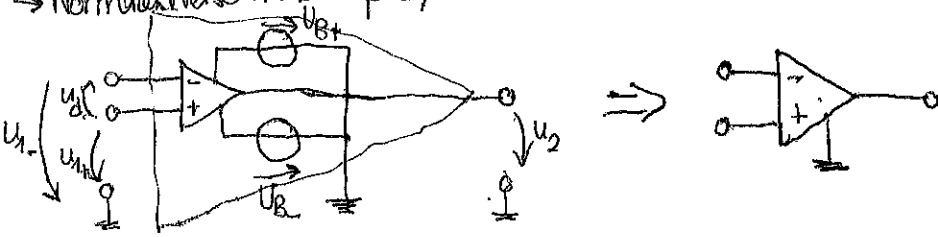
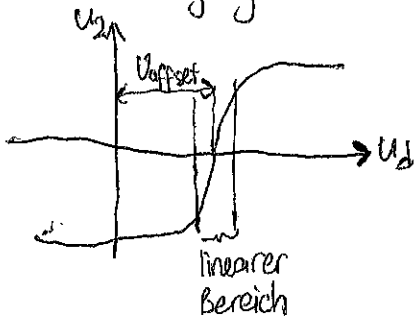


Kapitel 6 - Operationsverstärker (Op-Amp)

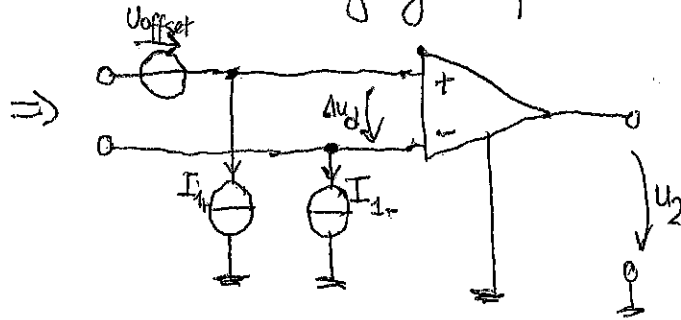
- reales Op-Amp
- Normalerweise mind. 5 Pole, aber als Zweiter modelliert.



- Arbeitspunkt von Op-Amp befindet sich im Ursprung, wenn es kein Offset (Verschiebung) gibt.
- reale Übertragungskennlinie:

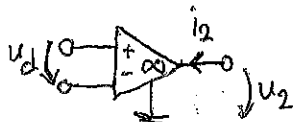


- 1) Offset-Spannung wird durch eine externe Spannungsquelle modelliert.
- 2) Eingangsruheströme werden durch externe Stromquellen modelliert, damit die Torbedingungen erfüllt werden.



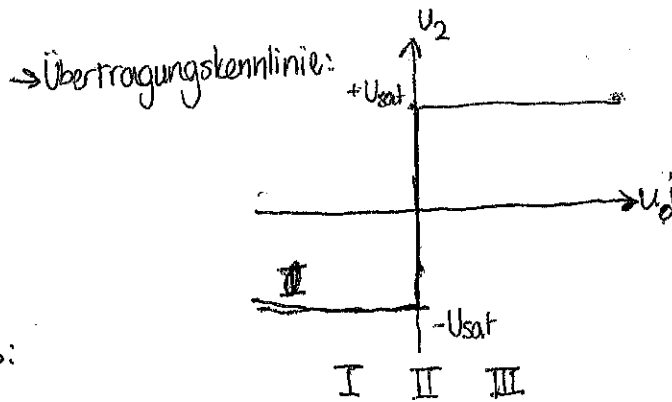
: Arbeitspunkt liegt jetzt im Ursprung

- Ideales Op-Amp
- Symbol:



i_2 → beliebig

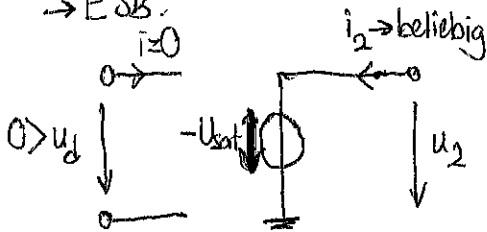
- Arbeitsbereiche und ESBs:



I) „negative“ Sättigung:

→ $u_2 = -U_{sat}$ für $u_d < 0$

→ ESB: $i_2 = 0$

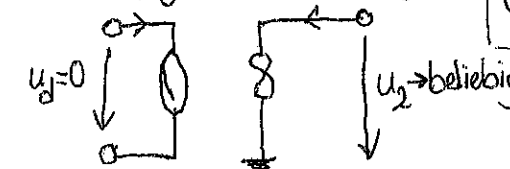


II) linearer Bereich:

→ $|u_2| \leq U_{sat}$ für $u_d = 0$

oder $-U_{sat} \leq u_2 \leq U_{sat}$

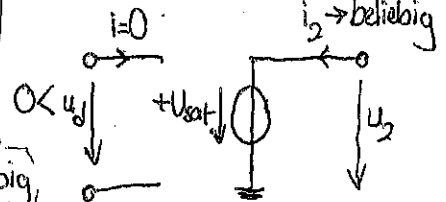
→ ESB: $i_2 = 0$



III) „positive“ Sättigung:

→ $u_2 = +U_{sat}$ für $u_d > 0$

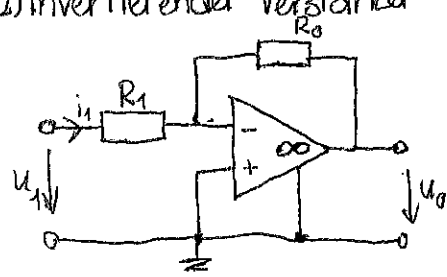
→ ESB: $i_2 = 0$



- Op-Amp-Schaltungen
- 1) Komparator

- ideales Op-Amp selber
- Vergleich der Potentiale der Eingangsklemmen

2) Invertierender Verstärker

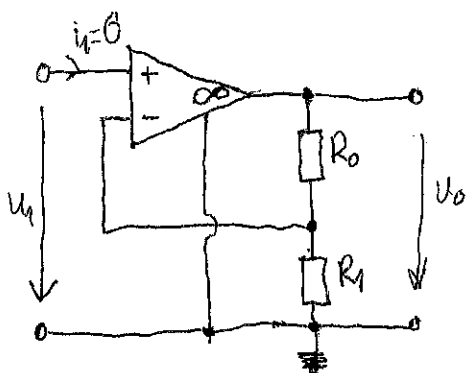


→ Man verwendet die ESBs und untersucht die Spannungsverstärkung für verschiedene Arbeitsbereiche des Op-Amps.

→ Für linearen Bereich gilt: $v_u = \frac{u_0}{u_1} = -\frac{R_0}{R_1}$ (löst sich einfach durch KCL-KVL bestimmen)

→ Für Sättigungen ist die Polung der Eingänge wichtig!

3) Nichtinvertierender Verstärker



→ Für linearen Bereich gilt:

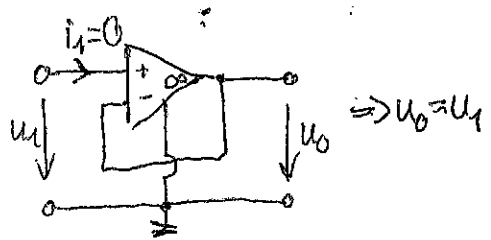
$$v_u = \frac{u_0}{u_1} = 1 + \frac{R_0}{R_1} = \frac{R_1 + R_0}{R_1} \text{ (Spannungsteiler)}$$

→ Für Sättigungen auf Polung achten! Sonst verschiedene Arbeitspunkte.

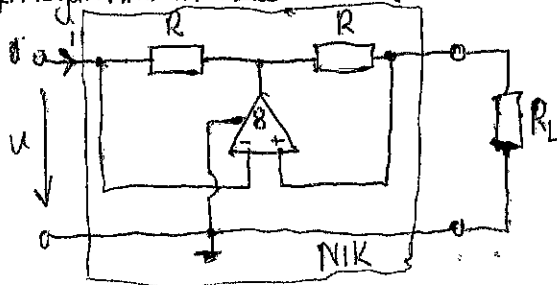
→ Spannungsfolger:

* $v_u = 1$

* wird verwendet, um die Belastung von Eingang zu vermeiden.



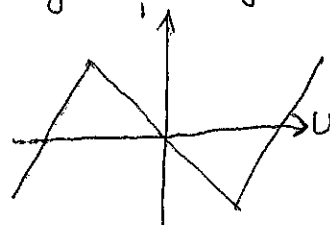
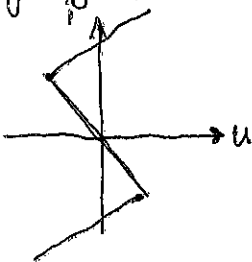
4) Negativmittanzkonverter (NIK)



→ Mittleres Teil ist NIK. Es kann für Realisierung der negativen Widerstände durch Beschaltung mit einem Widerstand genutzt werden.

→ NIK im linearen Bereich haben wir eigentlich in älteren Übungsblätter mit Nullor-ESB analysiert. Es gilt: $u = -R_L \cdot i$

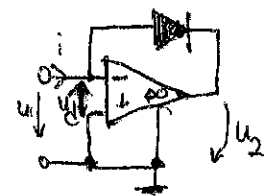
→ Für Sättigungen gilt für diese Polung die S-Kennlinie: für umgekehrte Polung die N-Kennlinie:



5) Stückweise lineare Widerstände:

→ Mit Op-Amp und realen Dioden

→ ideale Diode!



* in negativer Sättigung $i \approx 0$.

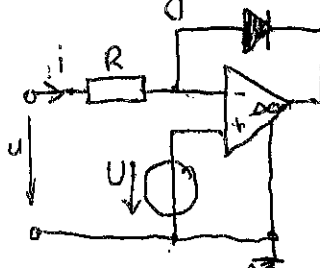
* positive Sättigung erreicht man nur bei sehr großen Ströme, die praktisch nicht sinnvoll sind.

* linearer Bereich:

$$u = 0 \\ i > 0.$$

→ Konkave Widerstände:

* wie in Kapitel 3, R, U, ideale Diode in Reihe geschaltet.



* konvex ist einfach dual dazu.