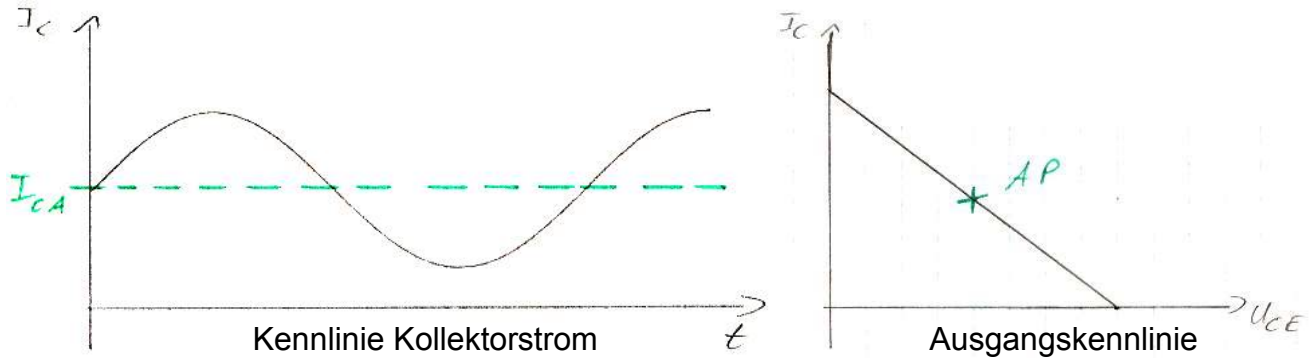
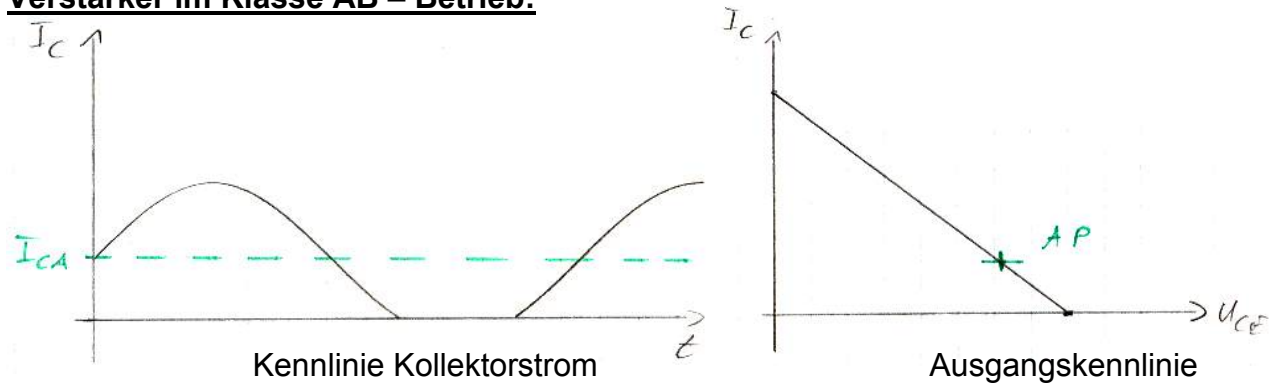


Inhaltsverzeichnis:

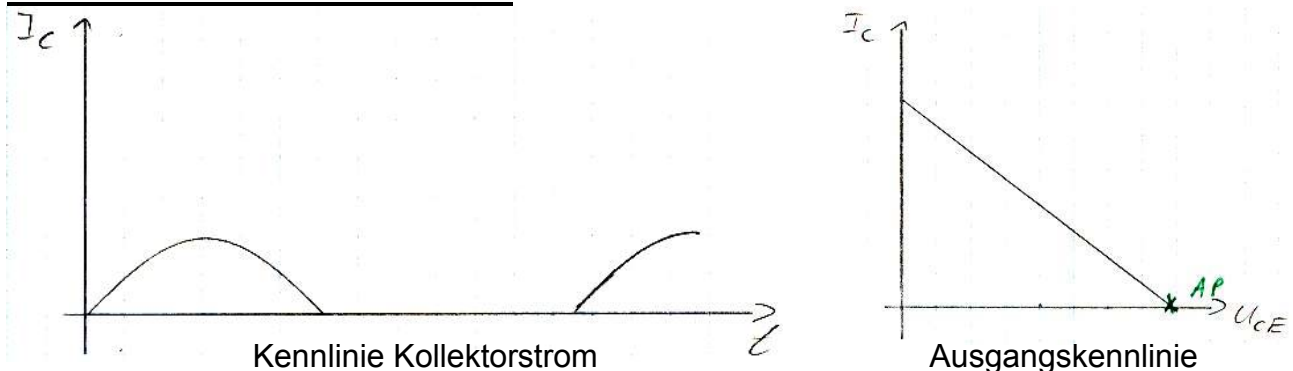
Thema	Unterpunkt	Seite	
Betriebsarten von Leistungsverstärkern	Klasse-A-Betrieb	4-2	
	Klasse-AB-Betrieb	4-2	
	Klasse-B-Betrieb	4-2	
Kollektorschaltung im Klasse-A-Betrieb	Schaltbild	4-3	
	Ausgangskennlinie	4-3	
	Mittiger Arbeitspunkt	4-3	
	Wechselstromleistung	4-3	
	Gesamtleistung	4-3	
	Wirkungsgrad	4-3	
	Verlustleistung am Transistor	4-4	
	Maximale Verlustleistung am Tr.	4-4	
	Verlustleistung am Lastwiderstand	4-4	
	Merkmale des Klasse-A-Betrieb	4-4	
	Komplementärer Emitterfolger (Kollektorschaltung) im Klasse-B-Betrieb	Schaltbild	4-5
		Gesamteingangskennlinie	4-5
Kennlinie des Ausgangsstromes		4-5	
Wechselstromleistung		4-5	
Verlustleistung am Transistor		4-5	
Maximale Verlustleistung am Tr.		4-6	
Gesamtleistung		4-6	
Wirkungsgrad		4-6	
Merkmale des Klasse-B-Betrieb		4-6	
Verringerung der Übernahmeverzerrungen	Anhebung des Emitterpotentials	4-7	
	Gegenkopplungsschaltung	4-7	

Verstärker im Klasse A – Betrieb:**Merkmale:**

- Der Laststrom I_c fließt während der gesamten Periode über den Transistor
- Auch ohne Ansteuerung fließt ständig ein Strom I_{CA}

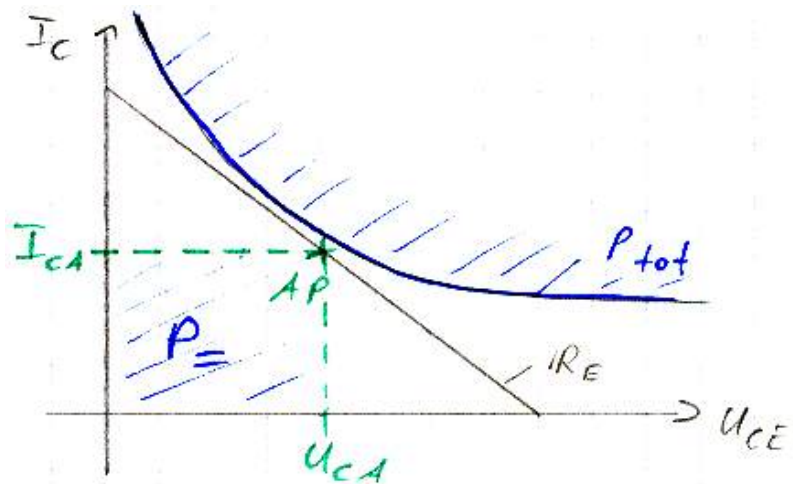
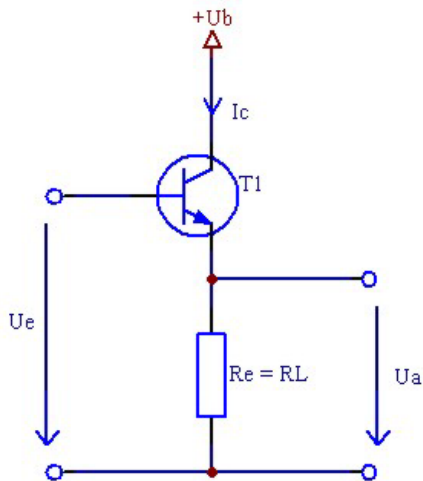
Verstärker im Klasse AB – Betrieb:**Merkmale:**

- Der Laststrom I_c fließt während mehr als einer Halbperiode über den Transistor
- Auch ohne Ansteuerung fließt ständig ein kleiner Strom I_{CA}

Verstärker im Klasse B – Betrieb:**Merkmale:**

- Der Laststrom I_c fließt nur während einer Halbperiode über den Transistor
- Ohne Ansteuerung fließt nur ein kleiner bzw. kein Strom I_{CA}

Kollektorschaltung im Klasse-A-Betrieb:



Beim Klasse A-Betrieb wird die Kollektorschaltung mit mittigem Arbeitspunkt A_p betrieben.

$$U_{CE} = U_{RL} = U_{CA} = \frac{U_B}{2}$$

$$I_{Cmax} = \hat{i}_e = \frac{U_B}{R_L}$$

$$I_{CA} = \frac{I_{Cmax}}{2}$$

Wechselstromleistung:

Die Wechselstromleistung wird durch das Eingangssignal verursacht.

$$P_{\approx} = \frac{1}{2} \cdot \hat{i}_e^2 \cdot R_L$$

$$\hat{i}_e = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{\approx}}{R_L}}$$

$$R_L = \frac{2 \cdot P_{\approx}}{\hat{i}_e^2}$$

$$\hat{i}_e = \frac{U_B}{2 \cdot R_L}$$

$$P_{\approx} = \frac{1}{8} \cdot \frac{U_B^2}{R_L}$$

$$R_L = \frac{1}{8} \cdot \frac{U_B^2}{P_{\approx}}$$

$$U_B = \sqrt{8 \cdot P_{\approx} \cdot R_L}$$

Gesamtleistung:

$$P_{ges} = U_B \cdot I_{CA}$$

$$P_{ges} = \frac{U_B \cdot \hat{i}_e}{2}$$

$$P_{ges} = \frac{U_B^2}{2 \cdot R_L}$$

$$R_L = \frac{U_B^2}{2 \cdot P_{ges}}$$

$$U_B = \sqrt{2 \cdot P_{ges} \cdot R_L}$$

Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{P_{\approx}}{P_{ges}} \Rightarrow \eta = \frac{U_B^2}{8 \cdot R_L} \cdot \frac{2 \cdot R_L}{U_B^2} \Rightarrow \eta = 0,25$$

U_B = Betriebsspannung in V

U_{CA} = Kollektor-Emitter-Spannung im Arbeitspunkt in V

I_{CA} = Kollektorstrom im Arbeitspunkt in A

$\hat{i}_e = I_{Cmax}$ = maximaler Kollektorstrom in A

R_L = Lastwiderstand in Ω

P_{\approx} = Wechselstromleistung in W

P_{ges} = Gesamtleistung in W (ist unabhängig von Aussteuerung und konstant !!)

η = Wirkungsgrad. **Ohne Einheit !!**

Fortsetzung Kollektorschaltung im Klasse-A-Betrieb:Verlustleistung am Transistor:

$$P_{VTr} = \frac{1}{2} \cdot P_{ges} - P_{\approx} \Rightarrow P_{VTr} = \frac{U_B^2}{8 \cdot R_L} \quad R_L = \frac{U_B^2}{8 \cdot P_{VTr}} \quad U_B = \sqrt{8 \cdot P_{VTr} \cdot R_L}$$

Maximale Verlustleistung am Transistor (wichtig für die Dimensionierung (P_{tot})):

$$P_{VTr \max} = \frac{1}{2} \cdot P_{ges} \Rightarrow P_{VTr \max} = \frac{U_B^2}{4 \cdot R_L} \quad R_L = \frac{U_B^2}{4 \cdot P_{VTr \max}} \quad U_B = \sqrt{4 \cdot P_{VTr \max} \cdot R_L}$$

Verlustleistung am Lastwiderstand:

$$P_{VRL} = \frac{1}{2} \cdot P_{ges} + P_{\approx} \Rightarrow P_{VRL} = \frac{3 \cdot U_B^2}{8 \cdot R_L} \quad R_L = \frac{3 \cdot U_B^2}{8 \cdot P_{VRL}} \quad U_B = \sqrt{\frac{8 \cdot P_{VRL} \cdot R_L}{3}}$$

$$P_{VRL \max} = P_{ges} \quad P_{ges} = \frac{U_B^2}{2 \cdot R_L} \quad R_L = \frac{U_B^2}{2 \cdot P_{ges}} \quad U_B = \sqrt{2 \cdot P_{ges} \cdot R_L}$$

U_B = Betriebsspannung in V

R_L = Lastwiderstand in Ω

P_{\approx} = Wechselstromleistung in W

P_{ges} = Gesamtleistung in W (**ist unabhängig von Aussteuerung und konstant !!**)

P_{VTr} = Verlustleistung am Transistor in W

$P_{VTr \max}$ = Verlustleistung am Transistor in W (**Wichtig für Dimensionierung**)

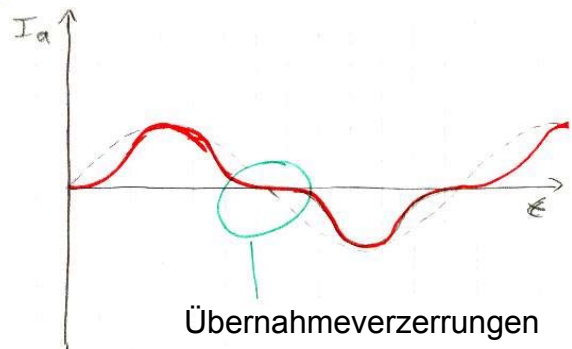
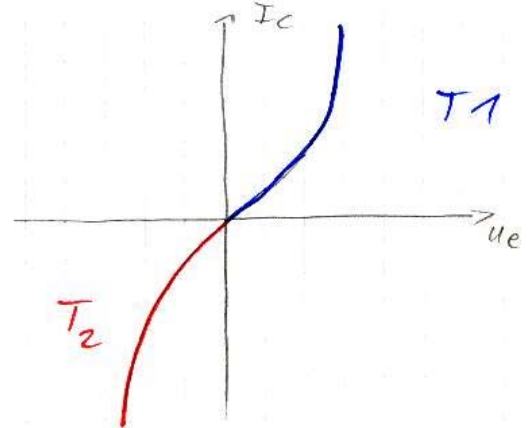
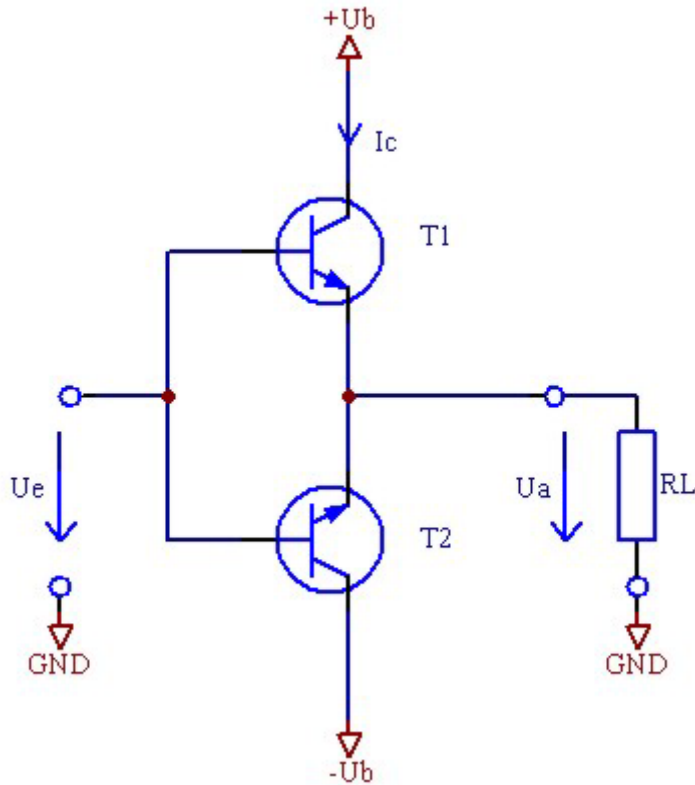
P_{VRL} = Verlustleistung am Lastwiderstand in W

$P_{VRL \max}$ = maximale Verlustleistung an Lastwiderstand in W (Wichtig für Dimensionierung)

Merkmale des Klasse-A-Betriebs:

- Leistungsaufnahme unabhängig von der Aussteuerung
- geringer Wirkungsgrad (=0,25)
- hohe Verlustleistung im Transistor

Komplementärer Emitterfolger (Kollektorschaltung) im Klasse-B-Betrieb:



Durch die nichtlinearen Eingangskennlinien der beider Transistoren entstehen bei dieser Schaltung sogenannte „Übernahmeverzerrungen“

Wechselstromleistung:

Die Wechselstromleistung wird durch das Eingangssignal verursacht.

$$P_{\approx} = \frac{\hat{u}_a^2}{2 \cdot R_L} \quad \text{wenn } \hat{u}_a = U_B \text{ gilt:} \quad P_{\approx} = \frac{U_B^2}{2 \cdot R_L} \quad R_L = \frac{U_B^2}{2 \cdot P_{\approx}} \quad U_B = \sqrt{2 \cdot P_{\approx} \cdot R_L}$$

Verlustleistung am Transistor:

$$P_{VTr} = \frac{1}{R_L} \cdot \left(\frac{U_B \cdot \hat{u}_a}{\pi} - \frac{\hat{u}_a^2}{4} \right) \quad R_L = \frac{1}{P_{VTr}} \cdot \left(\frac{U_B \cdot \hat{u}_a}{\pi} - \frac{\hat{u}_a^2}{4} \right) \quad U_B = \frac{P_{VTr} \cdot R_L \cdot \pi}{\hat{u}_a} - \frac{\hat{u}_a \cdot \pi}{4}$$

mit $\hat{u}_a \approx U_B$ gilt:

$$P_{VTr} = 0,068 \cdot \frac{U_B^2}{R_L} \quad R_L = 0,068 \cdot \frac{U_B^2}{P_{VTr}} \quad U_B = \sqrt{\frac{P_{VTr} \cdot R_L}{0,068}}$$

- P_{\approx} = Wechselstromleistung am Widerstand in W
- U_B = Betriebsspannung in V
- R_L = Lastwiderstand in Ω
- \hat{u}_a = Amplitude der Ausgangsspannung in V
- P_{VTr} = Verlustleistung des Transistors in W

Fortsetzung Komplementärer Emitterfolger (Kollektorschaltung) im Klasse AB-Betrieb:

Maximale Verlustleistung am Transistor:

$$P_{VTr\max} = 0,1 \cdot \frac{U_B^2}{R_L}$$

$$R_L = 0,1 \cdot \frac{U_B^2}{P_{VTr}}$$

$$U_B = \sqrt{\frac{P_{VTr} \cdot R_L}{0,1}}$$

Gesamtleistung:

$$P_{ges} = 2 \cdot P_{VTr} + P_{\approx}$$

$$P_{ges} = 0,64 \cdot \frac{U_B \cdot \hat{u}_a}{R_L}$$

$$R_L = 0,64 \cdot \frac{U_B \cdot \hat{u}_a}{P_{ges}}$$

$$\hat{u}_a = \frac{P_{ges} \cdot R_L}{0,64 \cdot U_B}$$

$$U_B = \frac{P_{ges} \cdot R_L}{0,64 \cdot \hat{u}_a}$$

mit $\hat{u}_a \approx U_B$ gilt:

$$P_{ges} = 0,64 \cdot \frac{U_B^2}{R_L} = 1,28 \cdot P_{\approx}$$

$$R_L = 0,64 \cdot \frac{U_B^2}{P_{ges}}$$

$$U_B = \sqrt{\frac{P_{ges} \cdot R_L}{0,64}}$$

Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{P_{\approx}}{P_{ges}}$$

⇒

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\hat{u}_a}{U_B}$$

mit $\hat{u}_a \approx U_B \Rightarrow \eta = 0,785$

$P_{VTr\max}$ = maximale Verlustleist. am Transistor in W (Wichtig für Dimensionierung (P_{tot}))

U_B = Betriebsspannung in V

R_L = Lastwiderstand in Ω

P_{ges} = Gesamtleistung in W

P_{\approx} = Wechselstromleistung in W

\hat{u}_a = Amplitude der Ausgangsspannung in V

η = Wirkungsgrad. **Ohne Einheit !!**

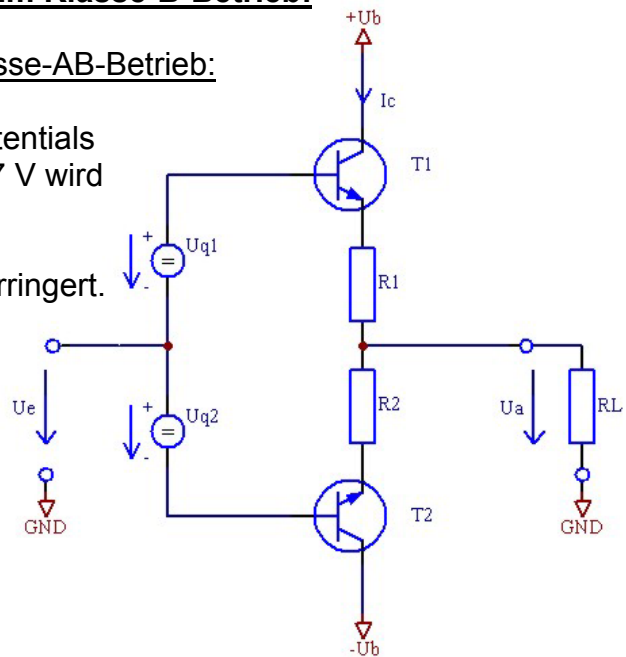
Merkmale des Klasse-B-Betriebes:

- fast kein Ruhestrom
- hoher Wirkungsgrad (=0,785)
- Nachteil: Übernahmeverzerrungen
- Nachteil: großer Klirrfaktor

Verringerung der Übernahmeverzerrungen im Klasse-B-Betrieb:**Komplementäre Emitterfolgerschaltung im Klasse-AB-Betrieb:**

Durch Anheben oder Absenken des Emitterpotentials um eine Vorspannung U_{q1} bzw. U_{q2} von ca. 0,7 V wird der Arbeitspunkt in einen linearen Bereich der Übertragungskennlinie verschoben. Somit werden die Übernahmeverzerrungen verringert.

Probleme: Temperaturdrift des Arbeitspunkt
 \Rightarrow Ruhestrom steigt
 \Rightarrow Vorspannung muss reduziert werden.

**Abhilfe:**

- Es werden Gegenkopplungswiderstände in die Schaltung eingebaut.
- Die Dioden, die die Vorspannung U_{q1} bzw. U_{q2} erzeugen, werden gemeinsam mit dem jeweiligen Transistor auf ein Kühlblech montiert.

