

# Ermittlung des Wirkungsgrades

geg.:  $U_{B+} = 19V$   
 $U_{B-} = -19V$   
 $I_R = 1A$   
 $R_1 = 0,1\Omega$   
 $R_2 = 0,5\Omega$   
 $t_0 = 3,343$   
 $t_1 = 6,082$   
 $\hat{I}_L = 6A$

$$t_0 = \left| \arcsin - \left( \frac{I_R}{\hat{I}_L} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) \right| + \pi$$

$$t_1 = 2\pi - \left| \arcsin - \left( \frac{I_R}{\hat{I}_L} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) \right|$$

$$P_1 = U_{B+} \cdot \frac{1}{T} \int_0^{t_0} I_R dt + U_{B+} \cdot \frac{1}{T} \cdot \hat{I}_L \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \int_0^{t_0} \sin \omega t dt$$

$$P_1 = U_{B+} \cdot \frac{1}{T} \cdot I_R \cdot t_0 + U_{B+} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \hat{I}_L (-\cos t_0 + 1)$$

$$P_1 = U_{B+} \cdot I_R \cdot \frac{t_0}{T} + U_{B+} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \hat{I}_L (-\cos t_0 + 1)$$

$$P_1 = 19V \cdot 1A \cdot \frac{3,343}{2\pi} + 19V \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{0,5\Omega}{0,6\Omega} \cdot 6A (0,9798 + 1)$$

$$P_1 = 10,11W + 29,93W$$

$$P_1 = \underline{40,04W}$$

$$P_2 = U_{B+} \cdot \frac{1}{T} \int_{t_1}^T I_R dt + U_{B+} \cdot \frac{1}{T} \cdot \hat{I}_L \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \int_{t_1}^T \sin \omega t dt$$

$$P_2 = U_{B+} \cdot I_R - U_{B+} \cdot I_R \cdot \frac{t_1}{T} + U_{B+} \cdot \frac{1}{T} \cdot \hat{I}_L \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-\cos 2\pi + \cos t_1)$$

$$P_2 = U_{B+} \cdot I_R \left(1 - \frac{t_1}{T}\right) + U_{B+} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \hat{I}_L (-1 + 0,9798)$$

$$P_2 = 19V \cdot 1A (0,032) + 19V \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{0,5\Omega}{0,6\Omega} \cdot 6A (-0,0202)$$

$$P_2 = 0,608W - 0,305W$$

$$P_2 = \underline{0,3W}$$

$$P_3 = \left| U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \int_0^{t_0} I_R dt - U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \cdot \hat{I}_L \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \int_0^{t_0} \sin \omega t dt \right|$$

$$P_3 = \left| U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \cdot I_R \cdot t_0 - U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \hat{I}_L (-\cos t_0 + 1) \right|$$

$$P_3 = \left| U_{B-} \cdot I_R \cdot \frac{t_0}{T} - U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \hat{I}_L (-\cos t_0 + 1) \right|$$

$$P_3 = \left| -19V \cdot 1A \cdot \frac{3,343}{2\pi} - (-19V) \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{0,1\Omega}{0,6\Omega} \cdot 6A (0,9798 + 1) \right|$$

$$P_3 = \left| -10,11W + 5,99W \right|$$

$$P_3 = \underline{4,12W}$$

$$P_4 = \left| U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \cdot (-\hat{I}_L) \int_{t_0}^{t_1} \sin \omega t \, dt \right|$$

$$P_4 = \left| -U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \cdot \hat{I}_L (-\omega s t_1 + \omega s t_0) \right|$$

$$P_4 = \left| +19V \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot 6A (-0,9798 - 0,9798) \right|$$

$$P_4 = \left| -35,55W \right|$$

$$P_4 = \underline{35,55W}$$

$$P_5 = \left| U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \int_{t_1}^T I_R \, dt - U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \cdot \hat{I}_L \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} \int_{t_1}^T \sin \omega t \, dt \right|$$

$$P_5 = \left| U_{B-} \cdot \frac{1}{T} (I_R \cdot T - I_R \cdot t_1) - U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} \cdot \hat{I}_L (-\omega s 2\pi + \omega s t_1) \right|$$

$$P_5 = \left| U_{B-} \cdot I_R - U_{B-} \cdot \frac{t_1}{T} \cdot I_R - U_{B-} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} \cdot \hat{I}_L (-1 + 0,9798) \right|$$

$$P_5 = \left| -19V \cdot 1A + 19V \cdot \frac{6,082}{2\pi} \cdot 1A - (-19V) \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{0,1R}{0,6R} \cdot 6A (-0,0202) \right|$$

$$P_5 = \left| -0,608W \quad - 0,061W \right|$$

$$P_5 = \underline{0,67W}$$

$$P_G = \sum_{n=1}^5 P_n$$

$$P_G = 40,04W + 0,3W + 4,12W + 35,55W + 0,67W$$

$$P_G = \underline{80,68W}$$

$$\underline{P_{Plus} = P_1 + P_2} \quad ; \quad \underline{P_{Minus} = P_3 + P_4 + P_5} \quad ; \quad \underline{P_{Plus} = P_{Minus}}$$

Die Plus-Spannungsversorgung mit eine Leistung aufbringen von:

$$\underline{P_1 + P_2 = 40,34W}$$

Die Minus-Spannungsversorgung mit eine Leistung aufbringen von:

$$\underline{P_3 + P_4 + P_5 = 40,34W}$$

$$\underline{P_G = P_{Plus} + P_{Minus}}$$

$$\text{Da } P_{Plus} = P_{Minus} \Rightarrow P_G = 2 \cdot P_{Plus} \Rightarrow \underline{P_G = 2(P_1 + P_2)}$$

$$\boxed{\eta = \frac{P_L}{P_G} \quad ; \quad \eta = \frac{P_L}{2(P_1 + P_2)} \quad ; \quad P_L = \frac{\hat{I}_L^2}{2} \cdot R_L \text{ (Ausgangsleistung an } R_L)}$$

## Allgemein

$$P_1 = \frac{U_{B+}}{2\pi} \left[ \bar{I}_R \cdot t_0 + \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot \hat{I}_L (1 - \cos t_0) \right]; t_0 = \left| \arccos \sin^{-1} \left( \frac{\bar{I}_R}{\hat{I}_L} \cdot \frac{R_1+R_2}{R_2} \right) \right| + \pi; x \in [-1; 1]$$

$$P_2 = \frac{U_{B+}}{2\pi} \left[ \bar{I}_R (2\pi - t_1) + \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot \hat{I}_L (-1 + \cos t_1) \right]; t_1 = 2\pi - \left| \arccos \sin^{-1} \left( \frac{\bar{I}_R}{\hat{I}_L} \cdot \frac{R_1+R_2}{R_2} \right) \right|; x \in [-1; 1]$$

$$P_G = 2(P_1 + P_2)$$

$$P_G = \frac{U_{B+}}{\pi} \left[ \underbrace{\bar{I}_R (2\pi + t_0 - t_1)}_{\text{Ruheleistung}} + \underbrace{\frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot \hat{I}_L (\cos t_1 - \cos t_0)}_{\text{lastabhängige Leistung}} \right]$$

wegen  $x \in [-1; 1]$  ergibt <sup>(sich)</sup> das obige Gleichung nur gilt für  $|\hat{I}_L| \geq \bar{I}_R \cdot \frac{R_1+R_2}{R_2}$

Für  $|\hat{I}_L| < \bar{I}_R \cdot \frac{R_1+R_2}{R_2}$  wechselt die Endstufe in den reinen A-Betrieb und die Leistungsaufnahme beträgt konstant:

$$P_G = 2 \cdot U_{B+} \cdot \bar{I}_R$$

## Wirkungsgrad vs. $R_L$

$$\underline{R_L = 2\Omega} \Rightarrow \hat{U}_L = 14V; \hat{I}_L = 6A \text{ (max. Laststrom)}; P_L = 36W; P_G = 80,7W$$
$$\eta = 45\%$$

$$\underline{R_L = 2,3\Omega} \Rightarrow \hat{U}_L = 14V; \hat{I}_L = 6A \text{ (max. Laststrom)}; P_L = 42W; P_G = 80,7W$$
$$\eta = 52\% \text{ (max. Wirkungsgrad)}$$

$$\underline{R_L = 3\Omega} \Rightarrow \hat{U}_L = 14V; \hat{I}_L = 4,6A; P_L = 32,6W; P_G = 67,6W$$
$$\eta = 48\%$$

$$\underline{R_L = 4\Omega} \Rightarrow \hat{U}_L = 14V; \hat{I}_L = 3,5A; P_L = 24,5W; P_G = 56,4W$$
$$\eta = 43\%$$

$$\underline{R_L = 8\Omega} \Rightarrow \hat{U}_L = 15V; \hat{I}_L = 1,875A; P_L = 14W; P_G = 41,9W$$
$$\eta = 33\%$$

# Leistungsaufnahme der Transistoren (bei Vollaussteuerung)

$$P_{Tn} = P_G - P_L$$

für  $R_L = 1 \Omega \Rightarrow P_{Tn} = 80,7 \text{ W} - 18 \text{ W} ; \underline{P_{Tn} = 62,7 \text{ W}}$

für  $R_L = 2 \Omega \Rightarrow P_{Tn} = 80,7 \text{ W} - 36 \text{ W} ; \underline{P_{Tn} = 44,7 \text{ W}}$

für  $R_L = 2,3 \Omega \Rightarrow P_{Tn} = 80,7 \text{ W} - 42 \text{ W} ; \underline{P_{Tn} = 38,7 \text{ W}}$

für  $R_L = 3 \Omega \Rightarrow P_{Tn} = 67,6 \text{ W} - 32,6 \text{ W} ; \underline{P_{Tn} = 34,9 \text{ W}}$

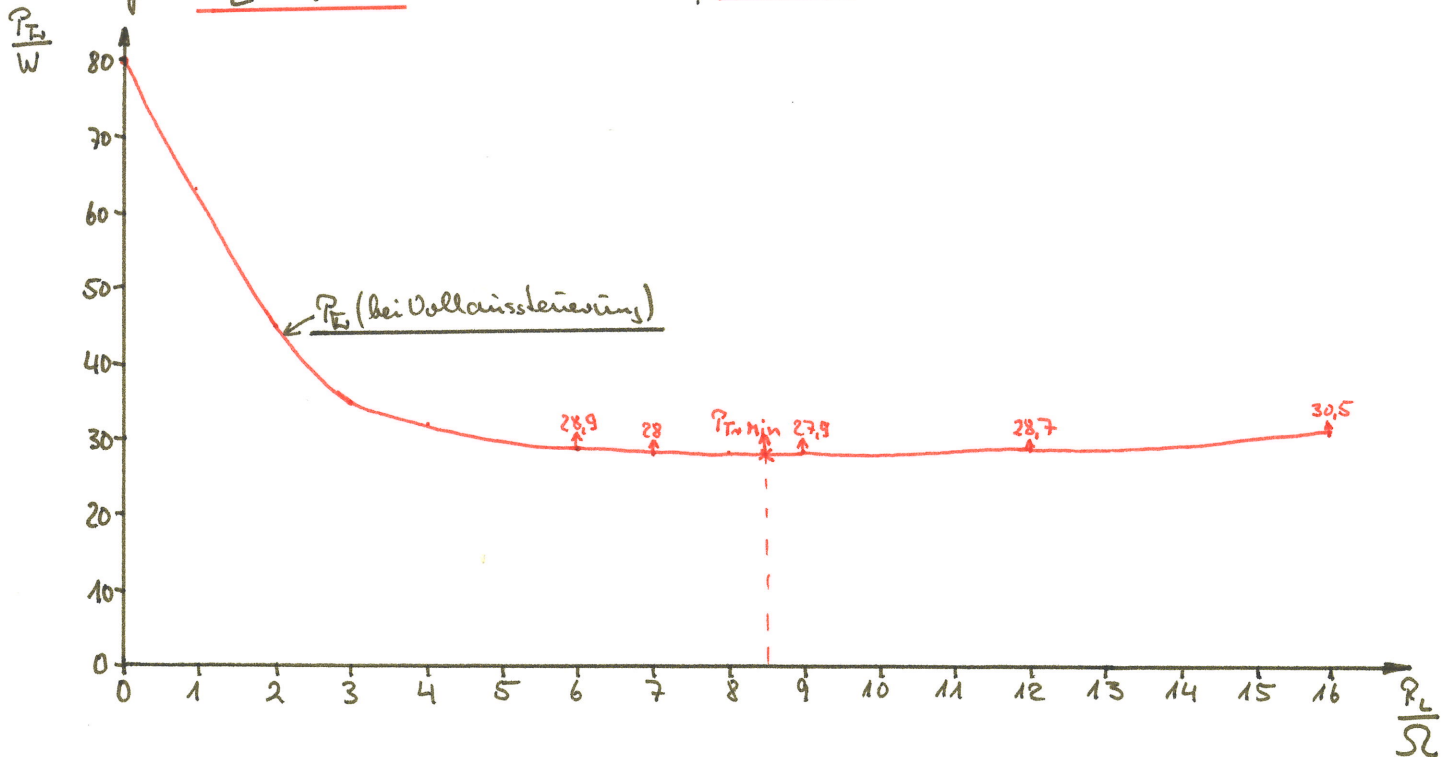
für  $R_L = 4 \Omega \Rightarrow P_{Tn} = 56,4 \text{ W} - 24,5 \text{ W} ; \underline{P_{Tn} = 31,9 \text{ W}}$

für  $R_L = 8 \Omega \Rightarrow P_{Tn} = 41,9 \text{ W} - 14 \text{ W} ; \underline{P_{Tn} = 27,9 \text{ W}}$

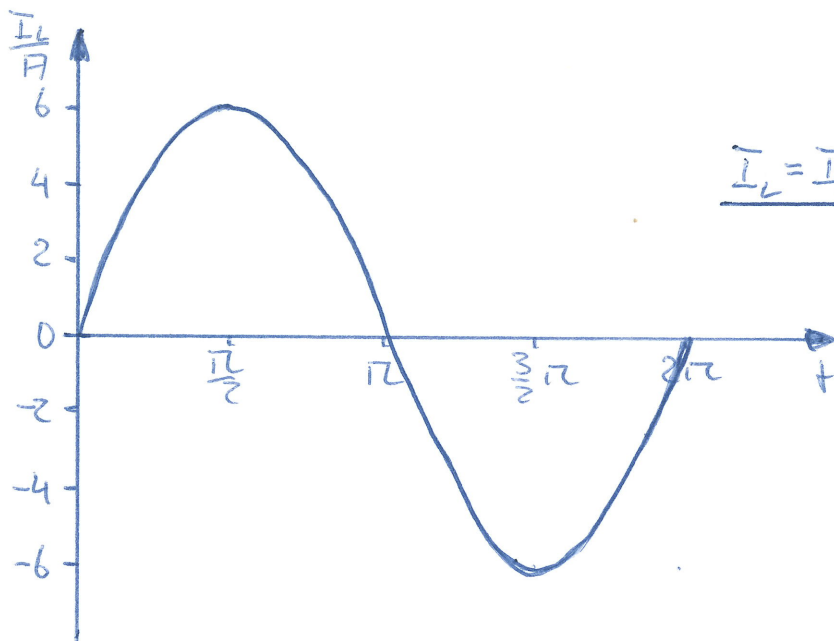
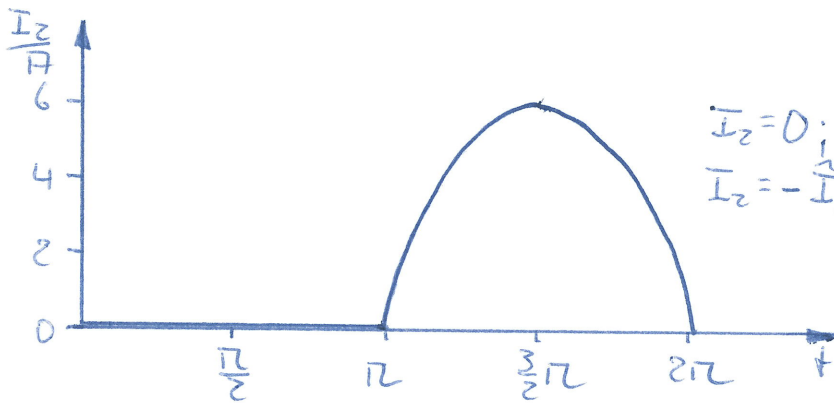
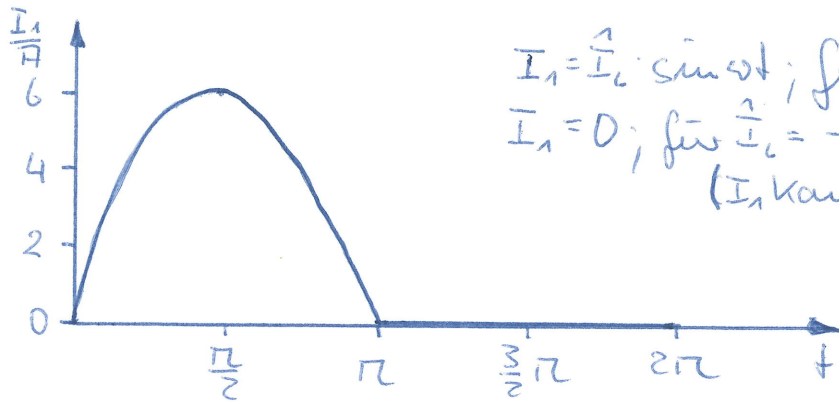
für  $R_L \rightarrow 0 \Omega \Rightarrow P_{Tn} = P_G ; \underline{P_{Tn} = 80,7 \text{ W}}$  (max. Leistungsaufn. d. Transistoren)

für  $R_L \rightarrow \infty \Rightarrow P_{Tn} = P_R ; \underline{P_{Tn} = 38 \text{ W}}$  (Rückleistungsaufnahme)  
↓  
Rückleistung

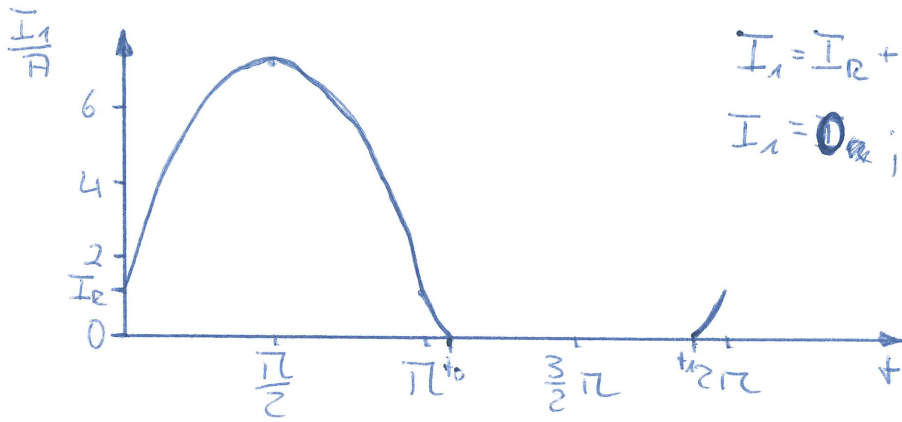
für  $R_L = 8,5 \Omega \Rightarrow P_{Tn} = P_{Tn \text{ min}} ; \underline{P_{Tn} = 27,8 \text{ W}}$  (min. Leistungsaufn. d. Transistoren)



# Reiner Gegenaktbetrieb ( $R_1=0$ ) (B-Betrieb)



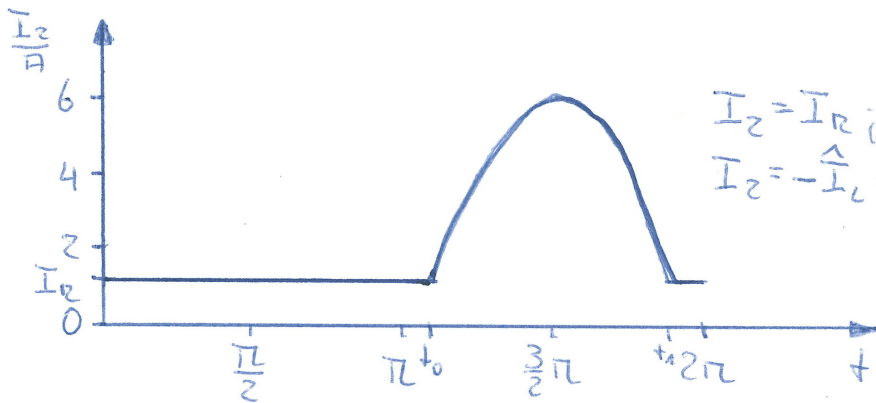
Reiner Gegenaktbetrieb ( $R_1=0$ ) (AB-Betrieb)



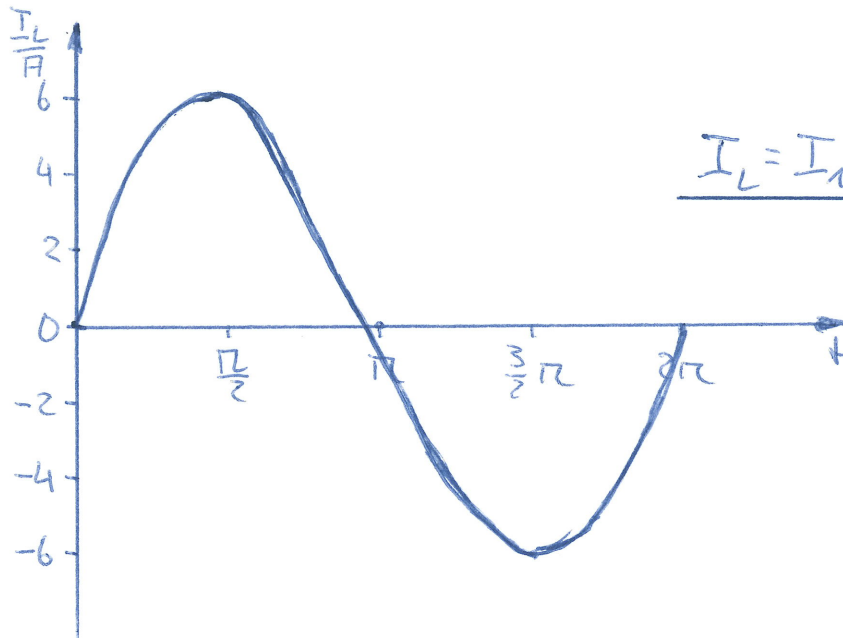
$I_1 = I_R + \hat{I}_L \cdot \sin \omega t$ ; für  $\hat{I}_L = 0 \dots -I_R$   
 $I_1 = 0$ ; für  $\hat{I}_L = -I_R \dots -I_{Lmax}$   
 ( $I_1$  kann nicht negativ werden)

$t_0 = \left| \arcsin -\frac{I_R}{\hat{I}_L} \right| + \pi$

$t_1 = 2\pi - \left| \arcsin -\frac{I_R}{\hat{I}_L} \right|$

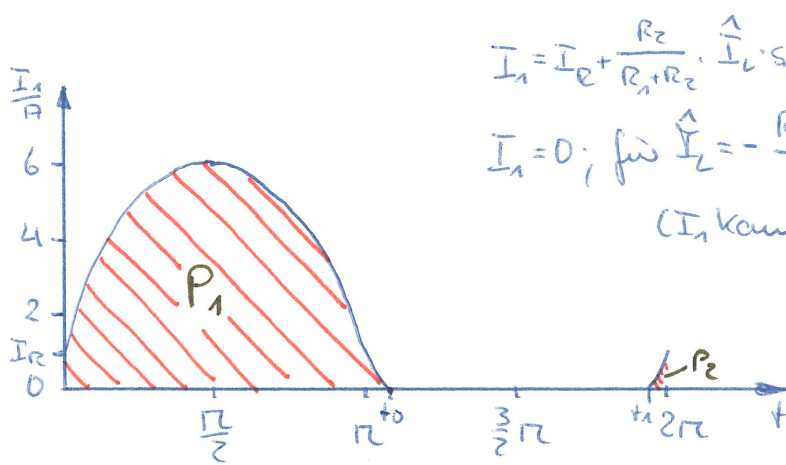


$I_2 = I_R$ ; für  $\hat{I}_L = 0 \dots -I_R$   
 $I_2 = -\hat{I}_L \cdot \sin \omega t$ ; für  $\hat{I}_L = -I_R \dots -I_{Lmax}$



$I_L = I_1 - I_2$

# Gemischter Einleit-geführtenbetrieb ( $R_2 = S \cdot R_1$ ) (AB-Betrieb)



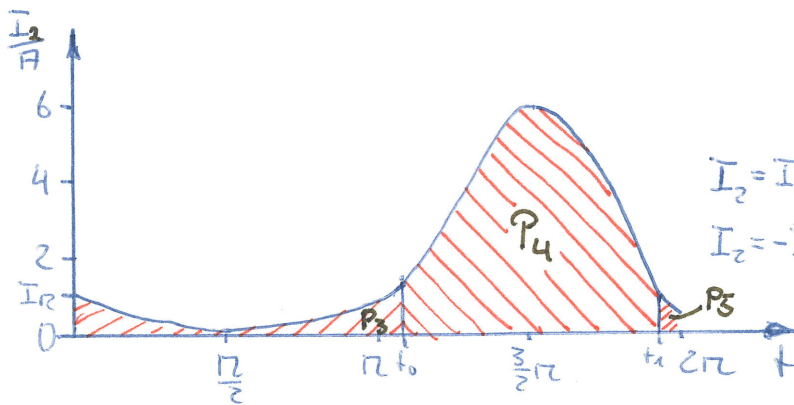
$$I_1 = I_R + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \hat{I}_L \cdot \sin \omega t; \text{ für } \hat{I}_L = 0 \dots - \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot \bar{I}_R$$

$$I_1 = 0; \text{ für } \hat{I}_L = - \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot \bar{I}_R \dots - I_{L \max}$$

( $I_1$  kann nicht negativ werden)

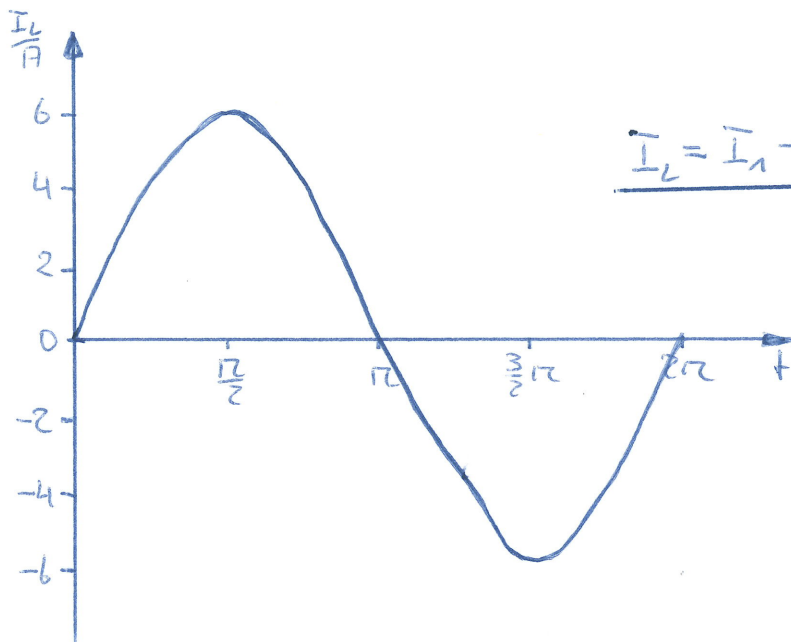
$$t_0 = \left| \arcsin - \frac{\bar{I}_R}{\hat{I}_L} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right| + \pi$$

$$t_1 = 2\pi - \left| \arcsin - \frac{\bar{I}_R}{\hat{I}_L} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right|$$

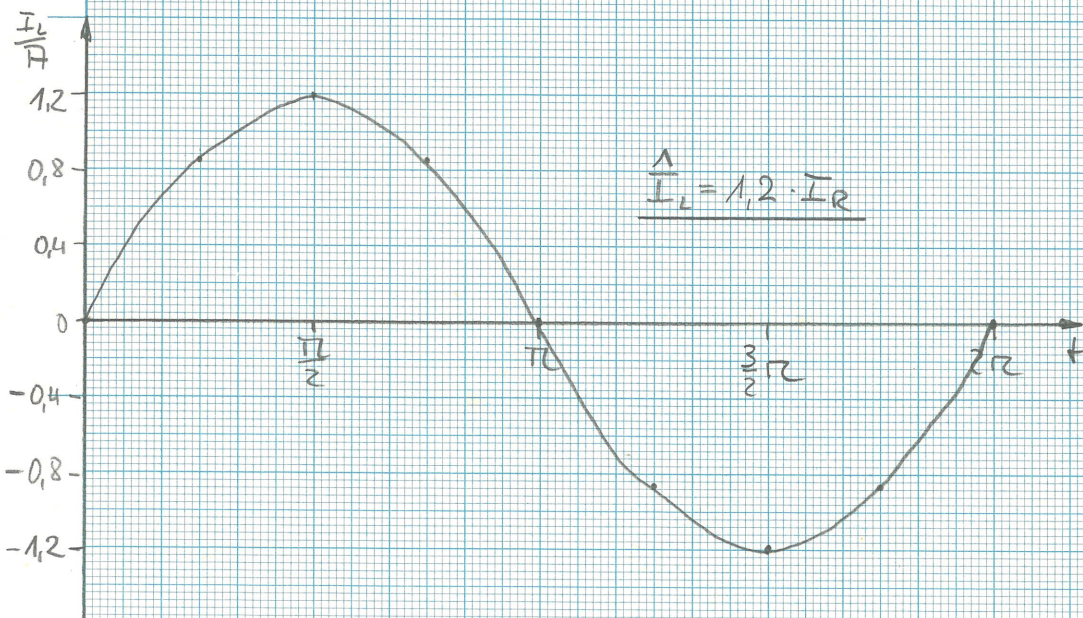
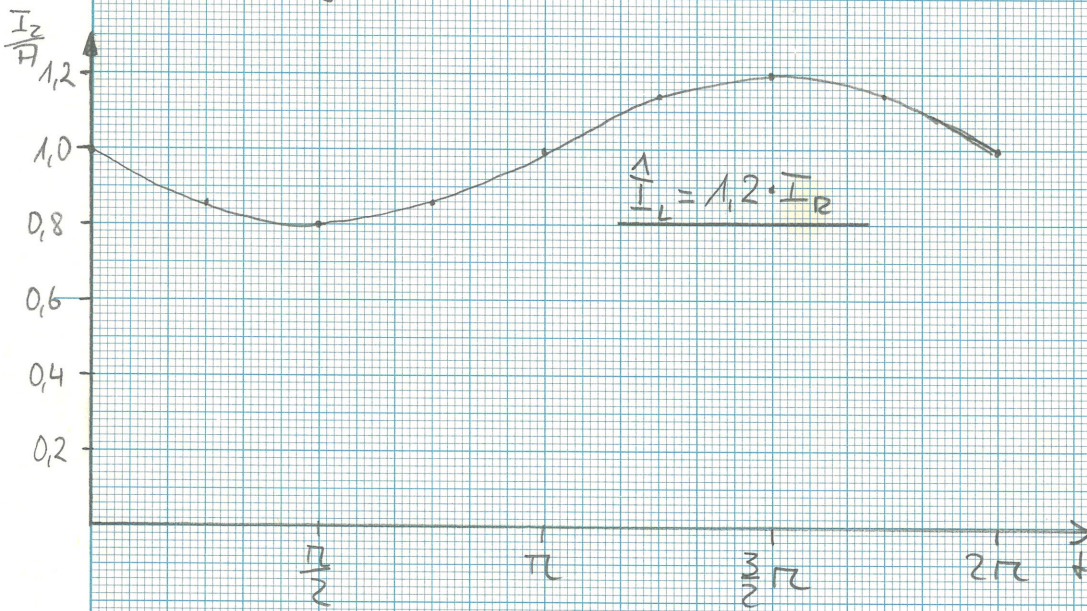
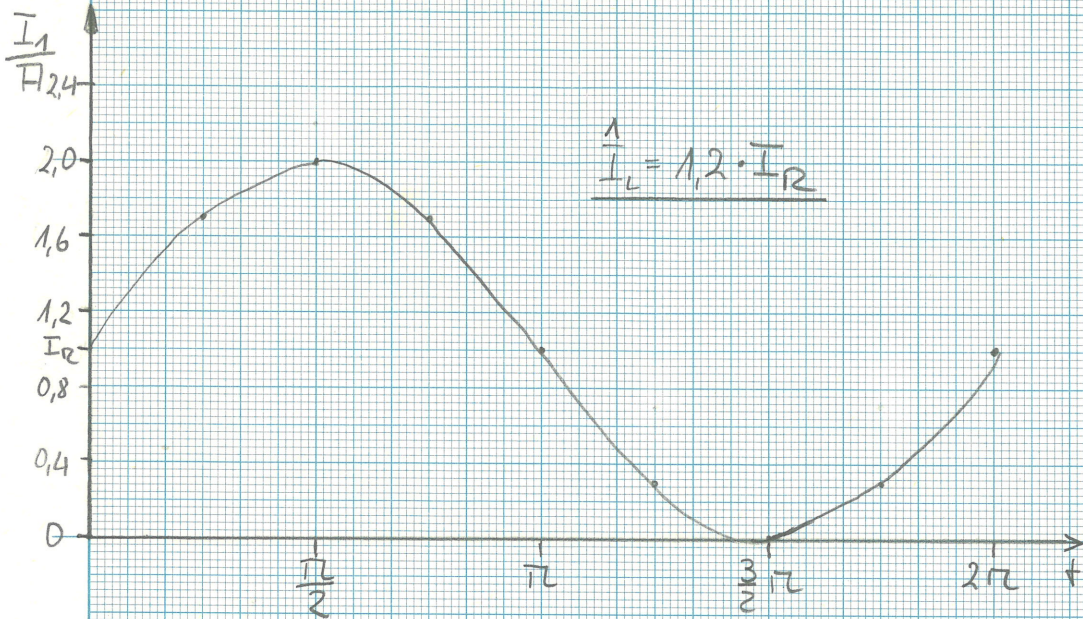


$$I_2 = I_R - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \hat{I}_L \cdot \sin \omega t; \text{ für } \hat{I}_L = 0 \dots - \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot \bar{I}_R$$

$$I_2 = -\hat{I}_L \cdot \sin \omega t; \text{ für } \hat{I}_L = - \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot \bar{I}_R \dots - I_{L \max}$$



$$\underline{\underline{I_L = I_1 - I_2}}$$





Reiner Einphasenbetrieb ( $R_2=0$ ) (A-Betrieb)

