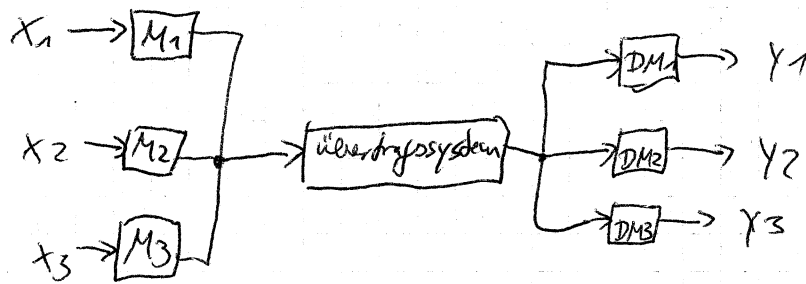


Modulation und Demodulation



- Mehrfachnutzung der Verbindungswege

Analyse Modulationsverfahren

Träger

$$u_T(t) = U \cdot \sin(\Omega t + \Phi)$$

Signal

$s(t)$ - beeinflussen des Trägers

↳ U → Amplitudenmodulation (AM)

↳ $(\Omega t + \Phi)$ → Winkelmodulation (WM)

↳ Frequenzmodulation (FM)

↳ Phasenmodulation (PM)

Amplitudenmodulation

(zur Vereinfachung empfangsphasenwinkel auf 0)

→ zweiseitenbandmodulation

$$\text{Träger: } u_T(t) = U_0 \cdot \sin \Omega t$$

$$\omega \ll \Omega$$

$$\text{Signal: } s(t) = S \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

Modulationsgesetz:

$$U(t) = U_0 \cdot [1 + z \cdot S \cdot \sin(\omega t + \varphi)]$$

$\rightarrow \boxed{z \cdot S \leq 1}$ \rightarrow Bedingung für das Übertragungslose funktionieren dieser Modulation

Modulationsgrad m

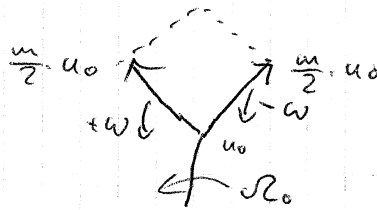
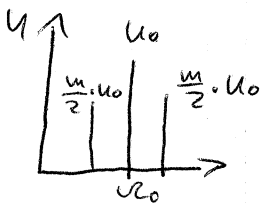
$$U_{AM}(t) = U_0 [1 + m \cdot \sin(\omega t + \varphi)] \cdot \sin \Omega t$$

$$= U_0 \cdot \sin \Omega t + U_0 \cdot m \cdot \sin(\omega t + \varphi) \cdot \sin \Omega t$$

$$\left[\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \beta)] \right]$$

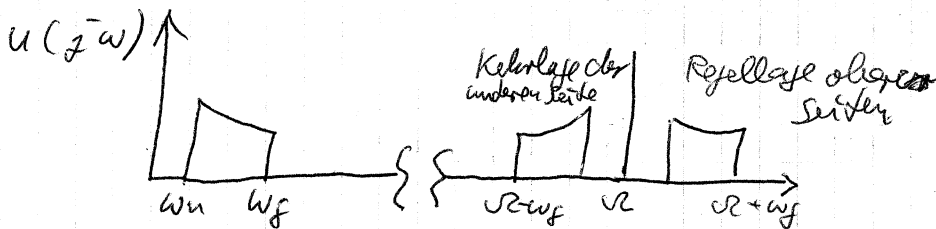
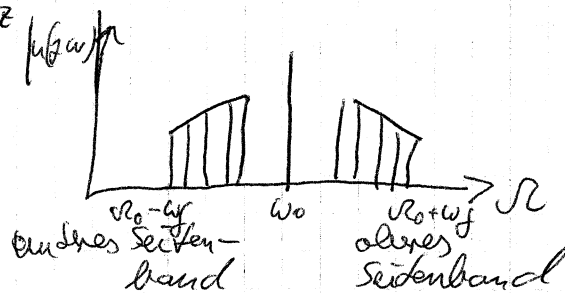
$$U_{AM}(t) = \underbrace{U_0 \cdot \sin \Omega t}_{\text{Träger}} + \underbrace{U_0 \cdot \frac{m}{2} \cdot \cos[(\Omega - \omega) \cdot t - \varphi]}_{\text{Differenz zwischen Träger und Signal}} - \underbrace{U_0 \cdot \frac{m}{2} \cdot \cos[(\Omega + \omega) \cdot t + \varphi]}_{\text{Summe vom Träger und Signal}}$$

Spektralbild

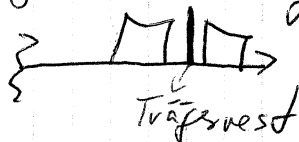


$\Omega_0 - \omega$ $\Omega_0 + \omega$
 untere Seitenfrequenz \rightarrow obere Seitenfrequenz

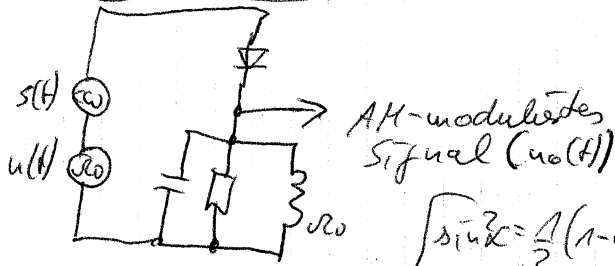
Frequenzzerstand



Trägerunterdrückung \rightarrow Energie sparen



Technische Realisierung



$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha)$$

$$u_a = k_1 \cdot u_e + \frac{1}{2} \cdot k_2 \cdot u_e^2$$

$$u_e = S \cdot \sin \omega t + U_0 \cdot \sin \rho t$$

$$u_a = k_1 \cdot S \cdot \sin \omega t + k_1 \cdot U_0 \cdot \sin \rho t + \frac{1}{2} \cdot k_2 \cdot [S \cdot \sin \omega t + U_0 \cdot \sin \rho t]^2$$

$$u_a = k_1 \cdot S \cdot \sin \omega t + k_1 \cdot U_0 \cdot \sin \rho t + \frac{1}{2} \cdot k_2 \cdot S^2 \cdot \sin^2 \omega t + \frac{1}{2} \cdot k_2 \cdot S \cdot \sin \omega t \cdot U_0 \cdot \sin \rho t + \frac{1}{2} \cdot k_2 \cdot U_0^2 \cdot \sin^2 \rho t$$

$$u_a = \underbrace{k_1 \cdot S \cdot \sin \omega t}_{\omega} + k_1 \cdot U_0 \cdot \sin \rho t + \underbrace{\frac{1}{4} \cdot k_2 \cdot S^2}_{\text{gleichglied}} - \underbrace{\frac{1}{4} \cdot k_2 \cdot S^2 \cdot \cos(2\omega t)}_{2\omega} + \frac{1}{2} k_2 \cdot S \cdot U_0 \cdot \sin(\rho t) \cdot \sin(\omega t) + \underbrace{\frac{1}{4} \cdot k_2 \cdot U_0^2}_{\text{gleichglied}} - \underbrace{\frac{1}{4} \cdot k_2 \cdot U_0^2 \cdot \cos(2\rho t)}_{2\rho}$$

→ Spule parallelst kurz
 - Kondensator parallelst kurz

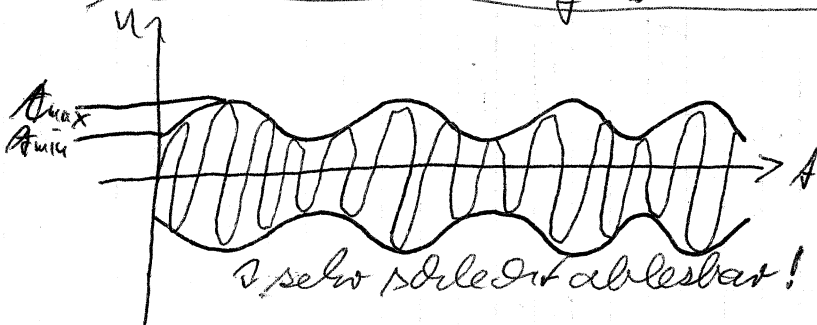
Nach der Filterung

$$u_a = [k_1 \cdot U_0 + \frac{1}{2} \cdot k_2 \cdot S \cdot U_0 \cdot \sin \omega t] \cdot \sin \rho t$$

$$u_a = k_1 \cdot U_0 \left[1 + \frac{1}{2} \frac{k_2}{k_1} \cdot S \cdot \sin(\omega t) \right] \cdot \sin(\rho t)$$

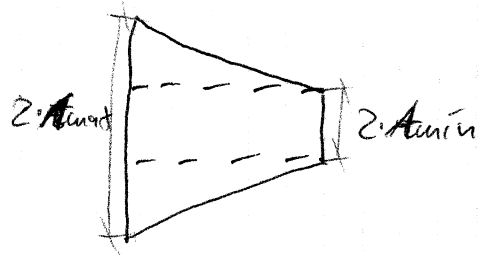
$$\boxed{\text{Modulationsgrad: } m = \frac{1}{2} \cdot \frac{k_2}{k_1} \cdot S}$$

messtechnische Ermittlung des Modulationsgrades an



$$m = \frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}$$

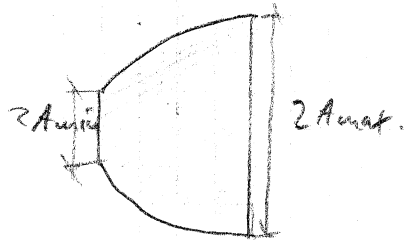
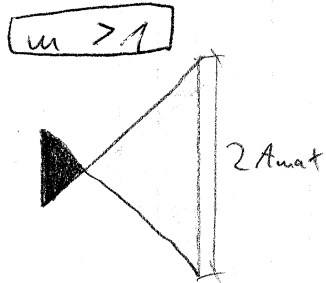
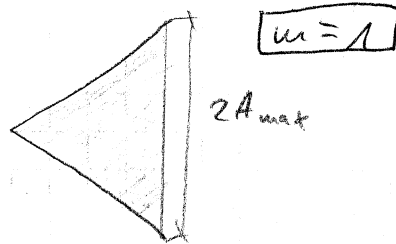
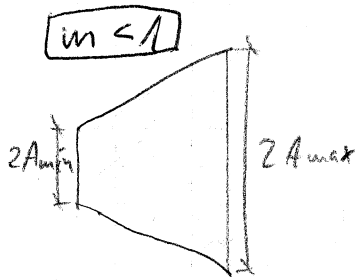
Modulationstapez (x-y-Bereich)



→ Filter!

↪ für ist erspart abzulesen!

Modulationsdiagramme

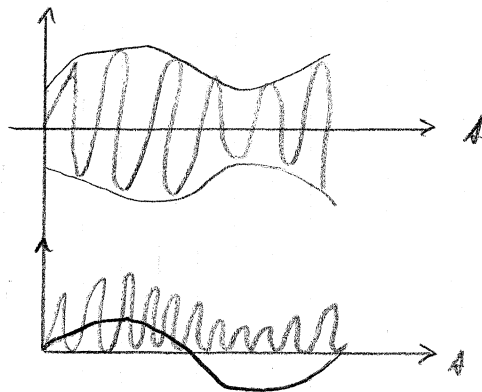
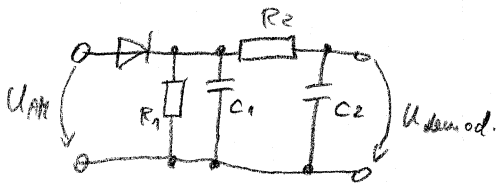


Übermodulation
↳ Verboten!!!

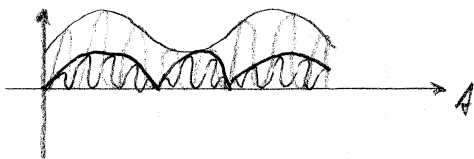
Verzerrungen

► Normalmodulation zwischen 0,3 und 0,6.

Glückwunschemodulator

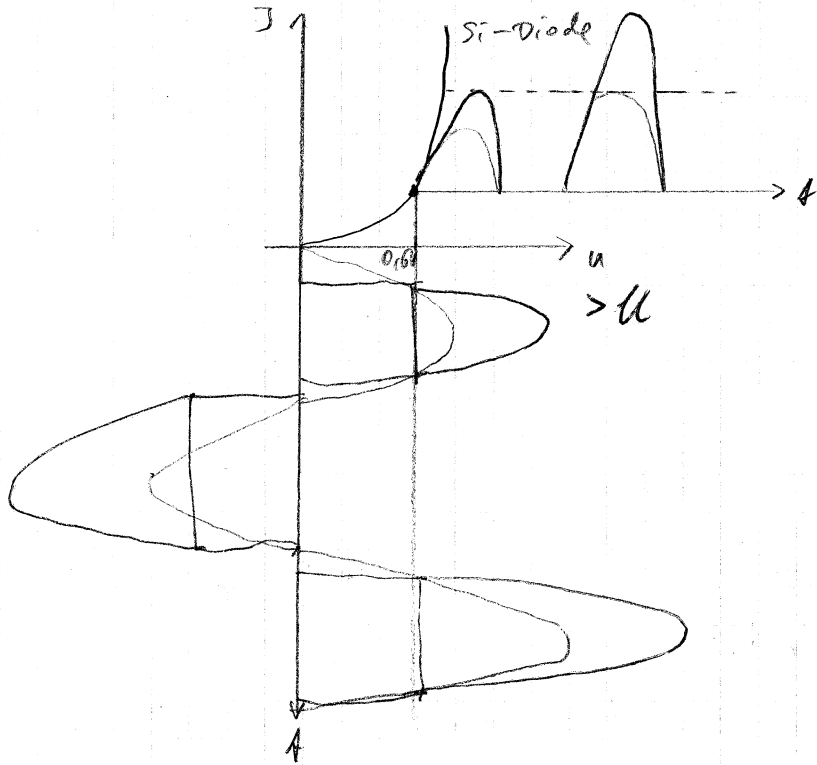


► DSB-Modulation mit Trägerunterdrückung (Trägerrest)

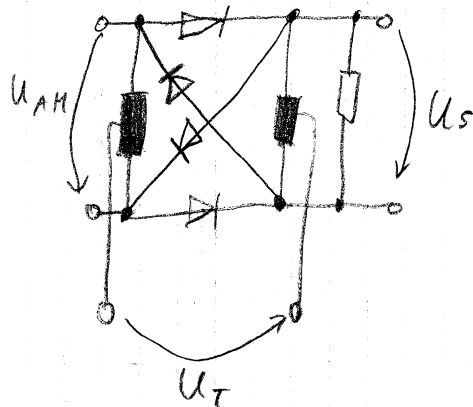


Synchromodulator

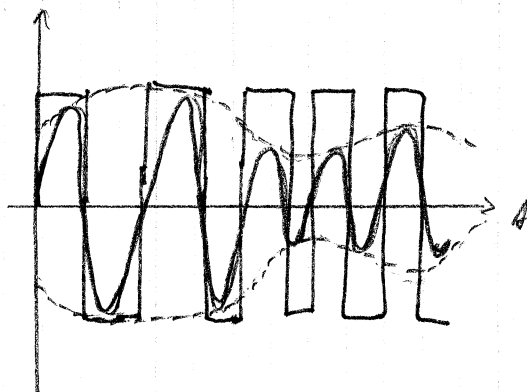
→ \bar{I}_T soll den Nachteil beseitigen der Anspreckstelle der Diode!

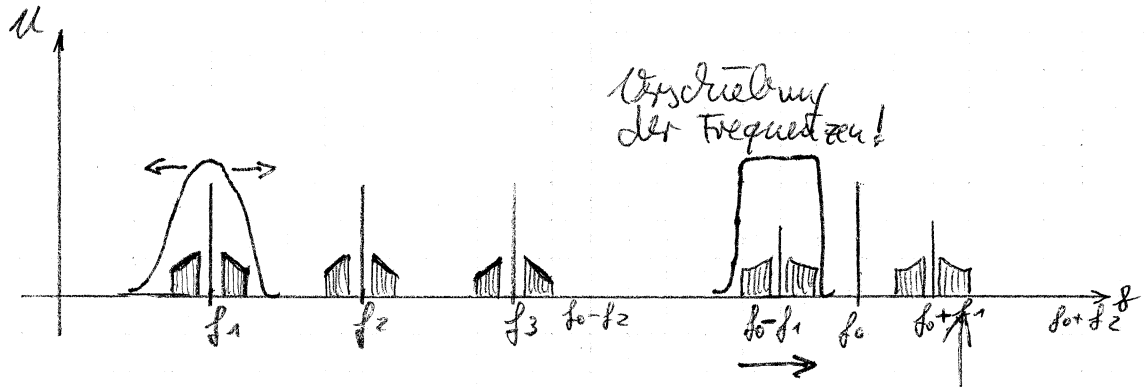


Schaltbild → Synchromodulator ↷



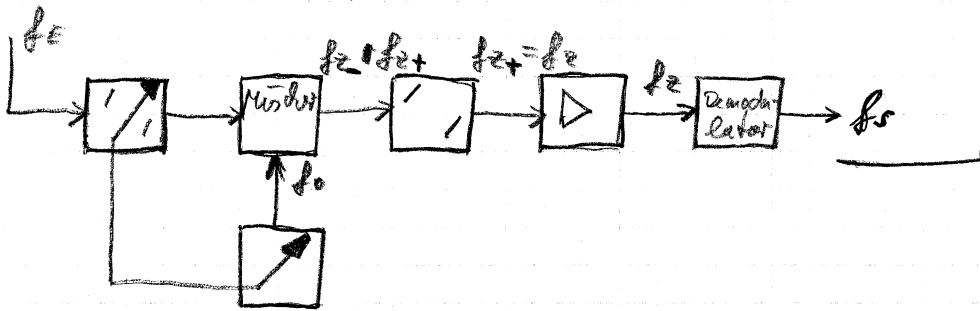
Prinzip → Synchromodulator ↷





Überlagerungsempfänger (Superhät)

Superhätempfänger



Einseitenbandmodulation (SSB)

