OSI-Modell

7) Application-Layer / Anwendungsschicht
Funktionen für Anwendungen, sowie Datei-
ein- & ausgabe.

6) Presentation-Layer / Darstellungsschicht
Umwandlung der systemabhängigen Daten
in ein unabhängiges Format.

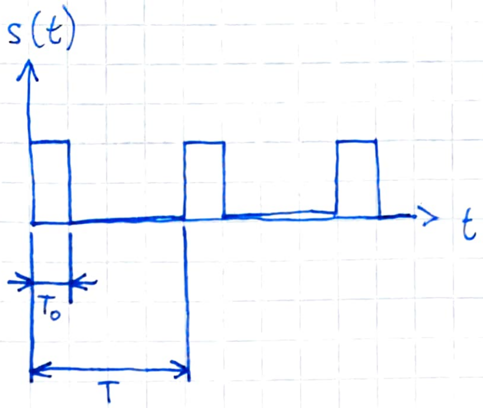
5) Session-Layer / Kommunikationsschicht
Steuerung der Verbindungen & des
Datenaustauschs.

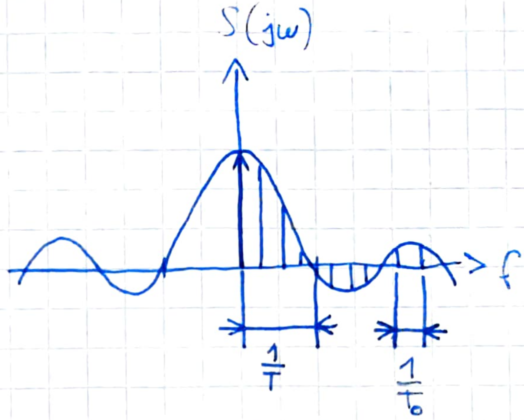
4) Transportation-Layer / Transportschicht
Zuordnung der Datenpakete zu einer
Anwendung.

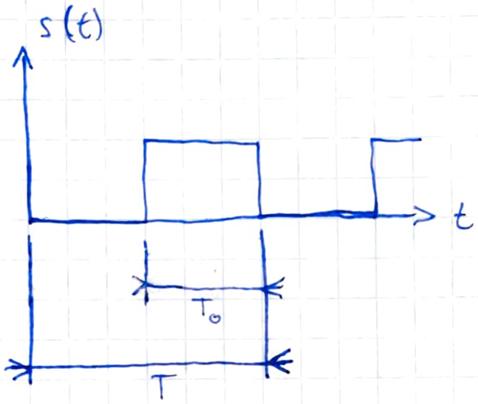
3) Network-Layer / Vermittlungsschicht
Routing der Datenpakete zu einer
Anwendung.

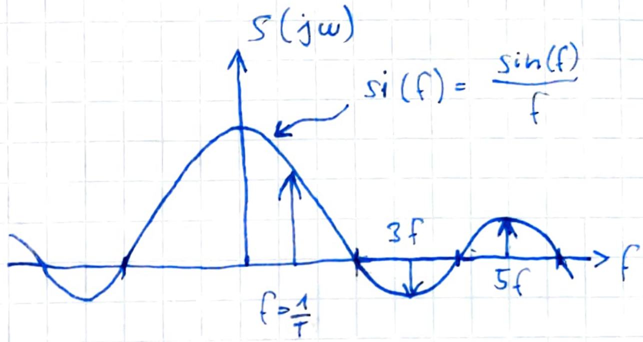
2) Data-Link-Layer / Sicherungsschicht
Segmentieren der Pakete in Frames &
Hinzufügen von Prüfsummen

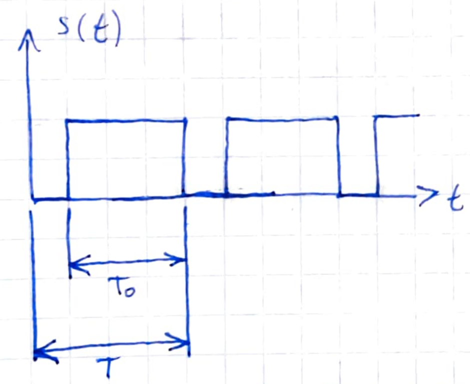
1) Physical-Layer / Bitübertragungsschicht
Umwandlung der Bits in ein zum
Medium passendes Signal & physikalische
Übertragung

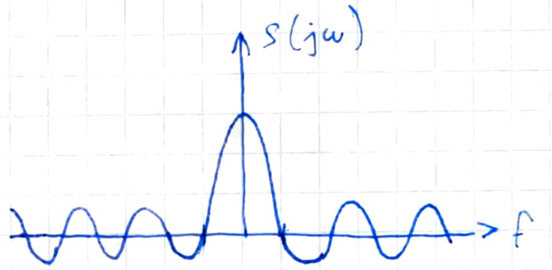




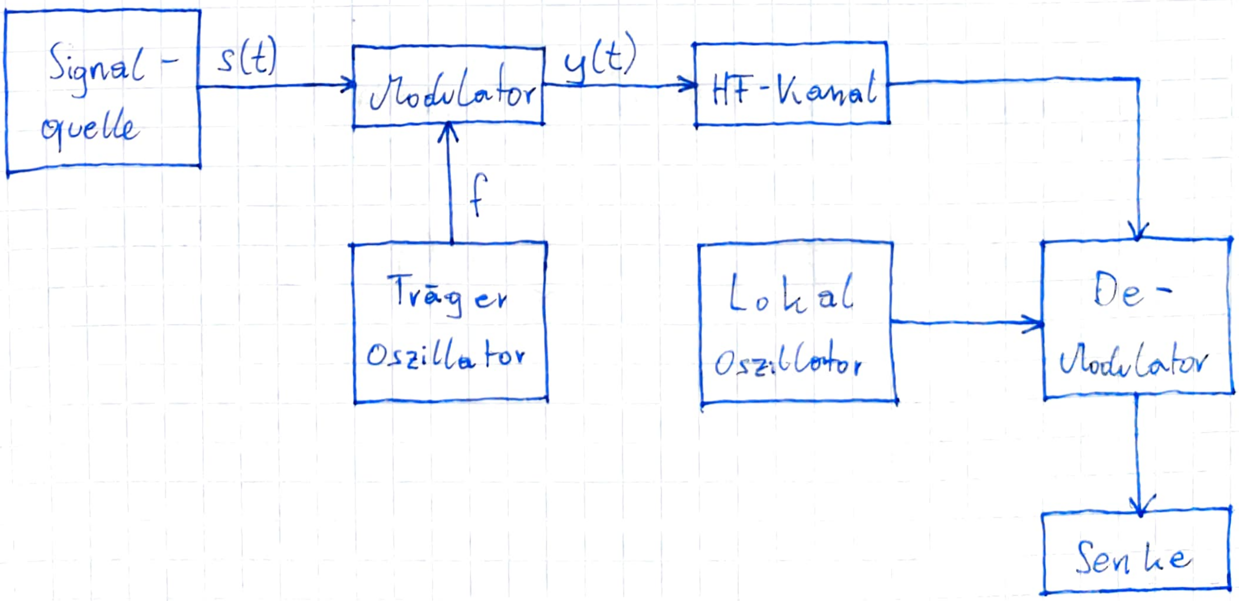








Bandpassübertragung m. moduliertem Träger:



$$y(t) = a(t) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi(t))$$

Es können f, Amplitude & φ (Phase) moduliert sein.

$a(t) = f[s(t)]$, $\varphi(t) = \varphi_0$, Amplitudenmodulation

$\varphi(t) = f[s(t)]$, $a(t) = A_0$, Winkelmodulation

Modulation

- Amplitudenmodulation
  $a(t) = f[s(t)]$
- Winkelmodulation
  - Phasenmodulation
    $\varphi(t) = f[s(t)]$
  - Frequenzmodulation
    $w_c = f[s(t)]$

Fourier-Transformation:

$$S(jw) = \mathcal{F}\{s(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot e^{-j2\pi f \cdot t} \, dt$$

Inverse-Fourier-Transformation:

$$s(t) = \mathcal{F}^{-1}\{S(jw)\} = \int_{-\infty}^{\infty} S(jw) \cdot e^{j2\pi f \cdot t} \, df$$

Amplitudenmodulation

Frequenztranslation durch Mischung

Translation = Verschiebung

$$s(t) = A \cdot \cos(\omega_m \cdot t) = A \left\{ e^{j\omega_m t} + e^{-j\omega_m t} \right\} \xrightarrow{} \boxed{\times} \longrightarrow y(t) = s(t) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$$

$$= \frac{A}{4} \left\{ e^{j\omega_m t} + e^{-j\omega_m t} \right\} \left\{ e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t} \right\}$$

$$\cos(\omega_0 t) = \frac{1}{2} \left\{ e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t} \right\}$$

$$e^{j\omega t} = \cos(\omega t) + j \cdot \sin(\omega t)$$

$$e^{-j\omega t} = \cos(\omega t) - j \cdot \sin(\omega t)$$

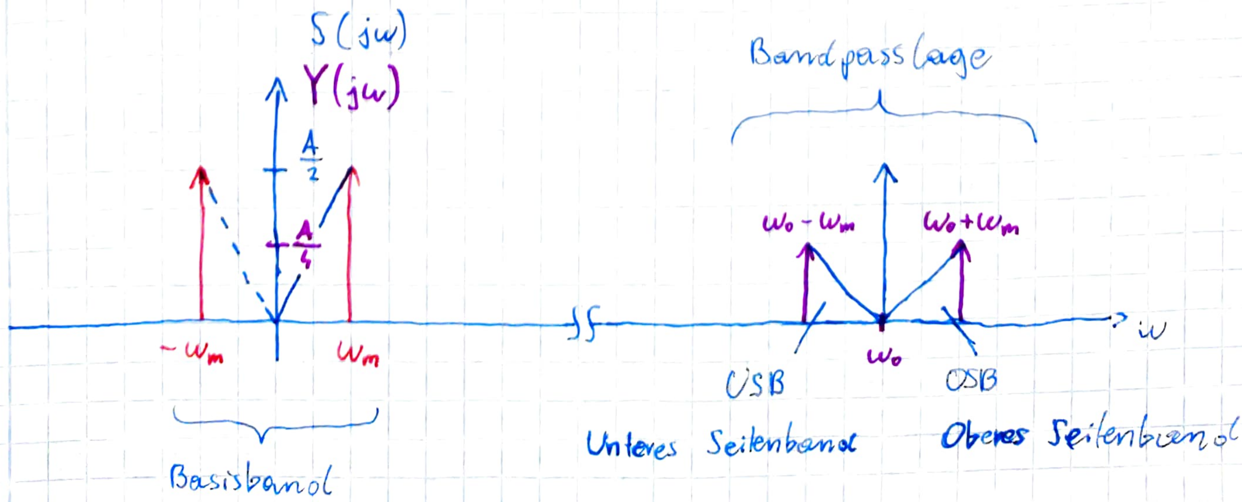
Summe: $e^{j\omega t} + e^{-j\omega t} = 2\cos(\omega t)$

Differenz: $e^{j\omega t} - e^{-j\omega t} = 2j \cdot \sin(\omega t)$

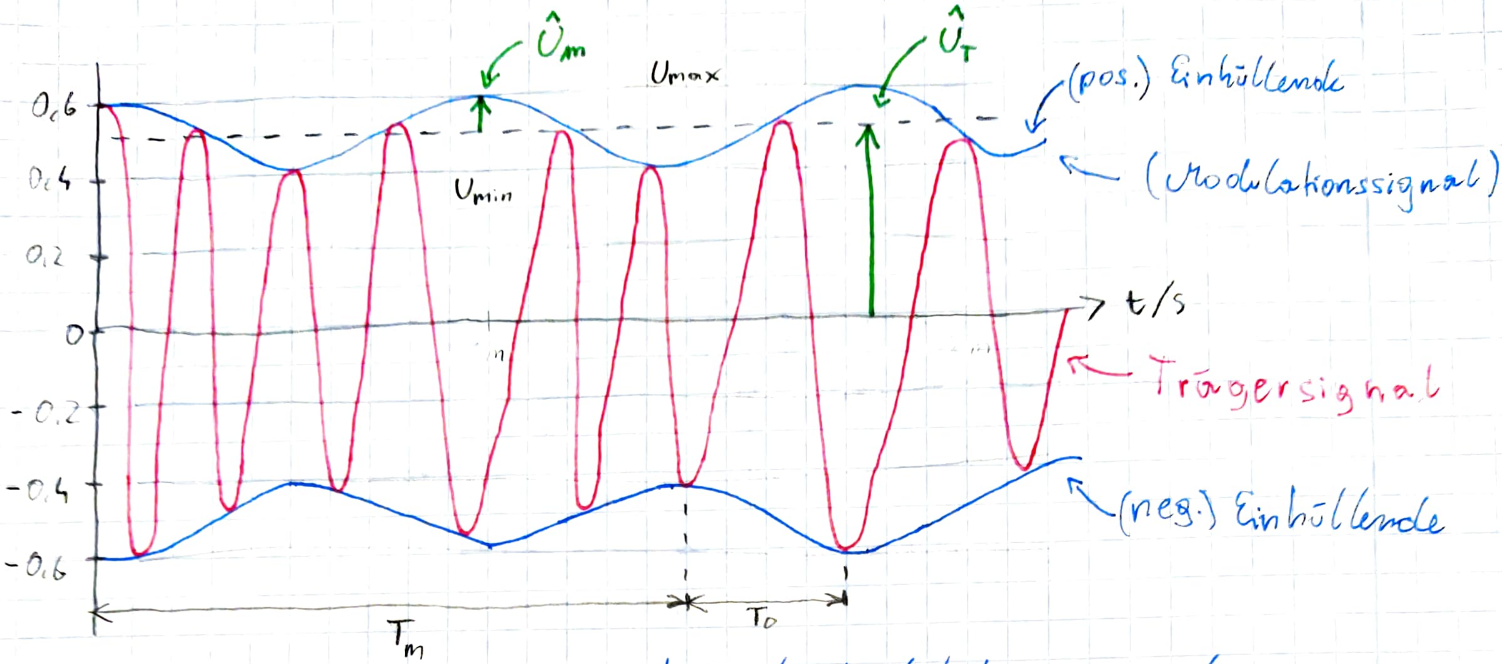
$$y(t) = \frac{A}{4} \left\{ e^{j(\omega_m + \omega_0)t} + e^{j(\omega_m - \omega_0)t} + e^{j(\omega_0 - \omega_m)t} + e^{-j(\omega_0 + \omega_m)t} \right\}$$

$$y(t) = \frac{A}{4} \left\{ \left[e^{j(\omega_0 + \omega_m)t} + e^{-j(\omega_0 + \omega_m)t} \right] + \left[e^{j(\omega_0 - \omega_m)t} + e^{-j(\omega_0 - \omega_m)t} \right] \right\}$$

$$y(t) = \frac{A}{2} \left\{ \cos\left[(\omega_0 + \omega_m)t\right] + \cos\left[(\omega_0 - \omega_m)t\right] \right\}$$



Amplitudenmoduliertes-Signal $y(t)$



$$\text{Modulationsgrad } m = \frac{\text{Ampl. d. Modulationssignals}}{\text{Ampl. d. Trägersignals}}$$

Zweiseitenbandsignal mit Träger

$$y(t) = A \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos(\omega_0 t)$$
$$= \frac{A}{2} \cdot \cos((\omega_0 - \omega_m)t) + \frac{A}{2} \cdot \cos((\omega_0 + \omega_m)t)$$

! Unterschied zw. Modulationssignal & moduliertes Signal

$$\hat{U}_m = \frac{U_{max} - U_{min}}{2} \quad \ldots \text{ Ampl. des Modulationssignals}$$

$$\hat{U}_T = \frac{U_{max} + U_{min}}{2} \quad \ldots \text{ Ampl. des Trägersignals}$$

$$m = \frac{\hat{U}_m}{\hat{U}_T} = \frac{(0{,}6 - 0{,}4)\cancel{2}}{\cancel{2}(0{,}6 + 0{,}4)} = \frac{0{,}2}{1} = \frac{1}{5} = 0{,}2$$

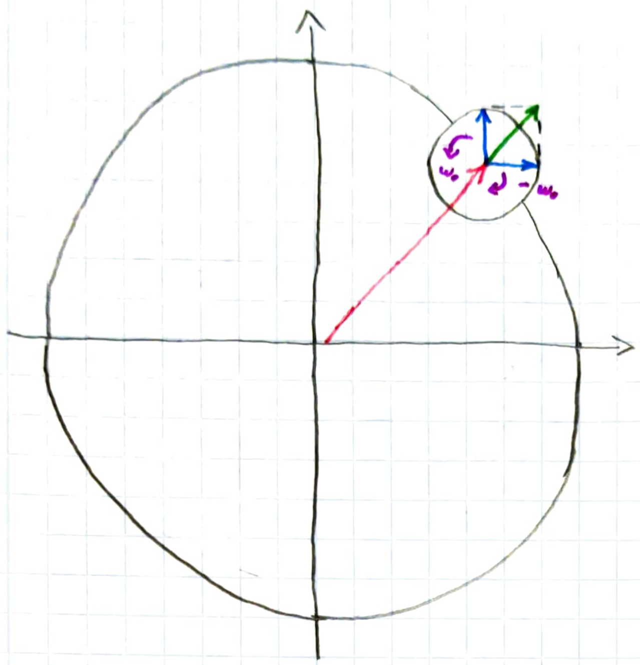
$T_m = 1\,ms \rightarrow f_m = 1\,kHz$, $T_0 = 0{,}1\,ms \rightarrow f_0 = 10\,kHz$

$\hat{U}_m = \frac{U_{max} - U_{min}}{2} = 0{,}1\,V$, $\hat{U}_T = \frac{U_{max} + U_{min}}{2} = 0{,}5\,V$

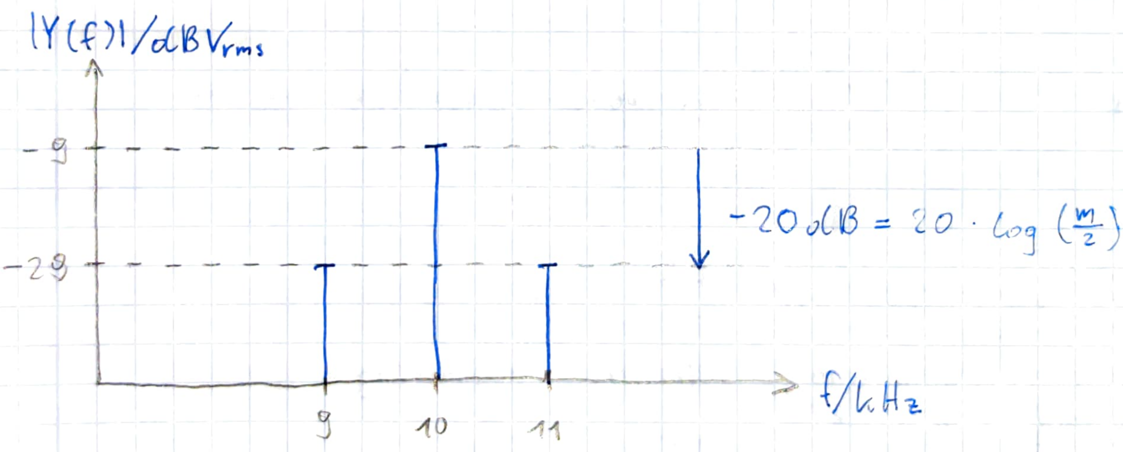
$$\boxed{y(t) = \hat{U}_T \left[1 + m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)\right] \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)}$$
$$= 0{,}5\left[1 + 0{,}2 \cdot \cos(2\pi \cdot 1000 \cdot t)\right] \cdot \cos(2\pi \cdot 10000 \cdot t)$$

go t

Amplitudenmodulation im Phasenzustandsdiagramm



$$|Y_0(f_0)|\ dBV_{rms} = 20 \cdot \log\left(\frac{0{,}5}{\sqrt{2}}\right) = -9 \quad dBV_{rms}$$



Bandbreite

$B_{AM} = 2 \cdot f_{mo}$ ... max. Bandbreite d. AM-Sig.

obere Modulationsfrequenz
(max. Basisbandfrequenz)

$$P_c = \frac{\hat{U}_c^2}{2 \cdot R} \qquad m = \frac{\hat{U}_m}{\hat{U}_c} \qquad P_m = P_{USB} = P_{OSB} = \frac{\left(\frac{\hat{U}_m}{2}\right)^2}{2R}$$

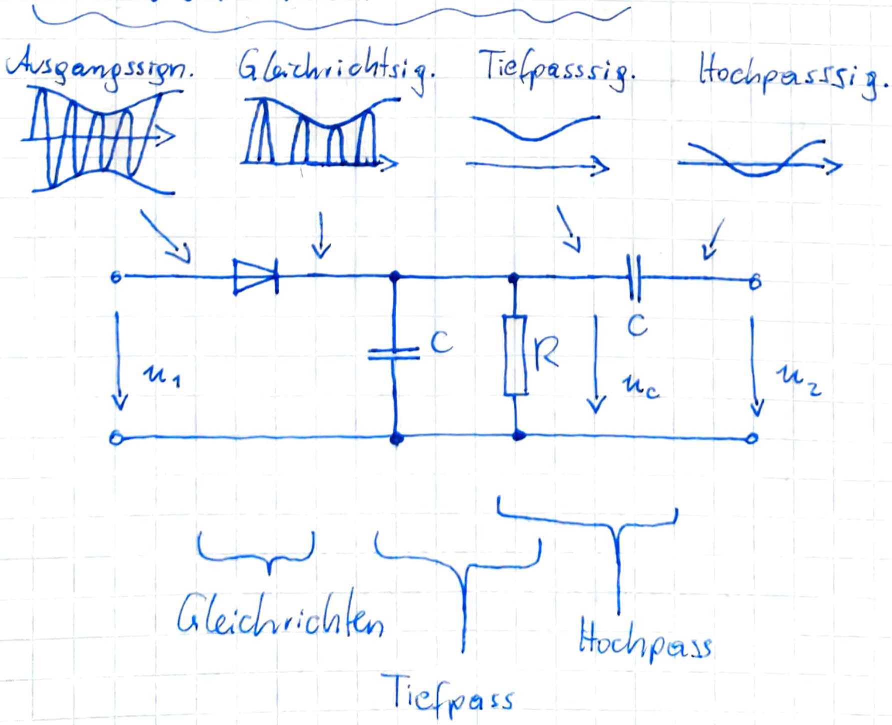
$$\begin{aligned}
P_{AM} &= P_c + P_{USB} + P_{OSB} \\
&= P_c + \frac{\left(\frac{\hat{U}_m}{2}\right)^2}{2R} \cdot 2 \\
&= P_c + \frac{\frac{\hat{U}_m^2}{2}}{2R} = P_c + \frac{\frac{\hat{U}_m^2}{2}}{2R} = P_c + \frac{\frac{m^2 \cdot \hat{U}_c^2}{2}}{2R} \\
&= P_c + \frac{m^2}{2} \cdot \frac{\hat{U}_c^2}{2R} = P_c + \frac{m^2}{2} \cdot P_c
\end{aligned}$$

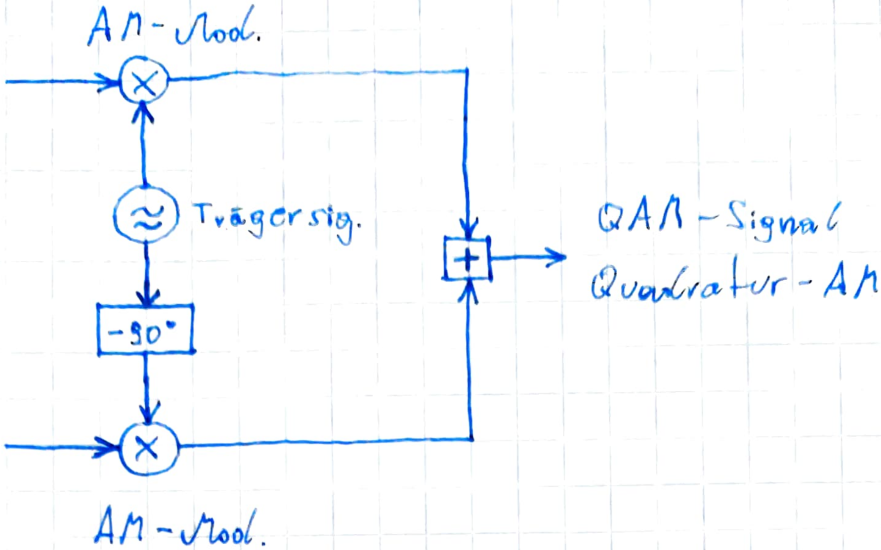
$$P_{AM} = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$$

$$\begin{aligned}
P_{PEP} &= \frac{(\hat{U}_c + \hat{U}_m)^2}{2R} = \frac{(\hat{U}_c + m \cdot \hat{U}_c)^2}{2R} \\
&= \frac{[\hat{U}_c \cdot (1+m)]^2}{2R} = \frac{\hat{U}_c^2}{2R} \cdot (1+m)^2
\end{aligned}$$

$$P_{PEP} = P_c (1+m)^2$$ … peak envelope power

Hüllkurvendemodulator




AM-Mod.
Trägersig.
-90°
AM-Mod.
QAM-Signal
Quadratur-AM

Bsp:

$\eta = 4$

$f_T = 500\ kHz \qquad f_{NF} = 250\ Hz$

$A = 10\ V$

ges: 1 bei $500{,}5\ kHz$

$$n = \frac{(500{,}5 - 500)\ kHz}{250} = 2$$

$$J_2(4) = 0{,}36$$

Bsp:

$f_{NF} = 5\ kHz$

$f_T = 500\ MHz$

$\Delta f = 20\ kHz$

ges: η, B

$$\eta = \frac{\Delta f}{f_{NF}} = \frac{20k}{5k} = 4$$

$$B = 2(\Delta F + f_{NF}) = 2(20k + 5k) = 50\ kHz$$

Bsp.:

$$P_T = 500\ W$$
$$\Delta f = 6\ kHz$$
$$f_{NF} = 2\ kHz$$

ges.: P_{WM}

$$n = \frac{\Delta f}{f_{NF}} = \frac{6\ kHz}{2\ kHz} = 3$$

$$B = 2(\Delta f + f_{NF}) = 2(6k + 2k) = 16\ kHz$$

$$B = n_{max} \cdot f_{NF}$$

$$n_{max} = \frac{B}{f_{NF}} = \frac{16\ kHz}{2\ kHz} = 8$$

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lvert J_n(3)\rvert$	0,25	0,35	0,49	0,31	0,14	0,05	0,01	0	0

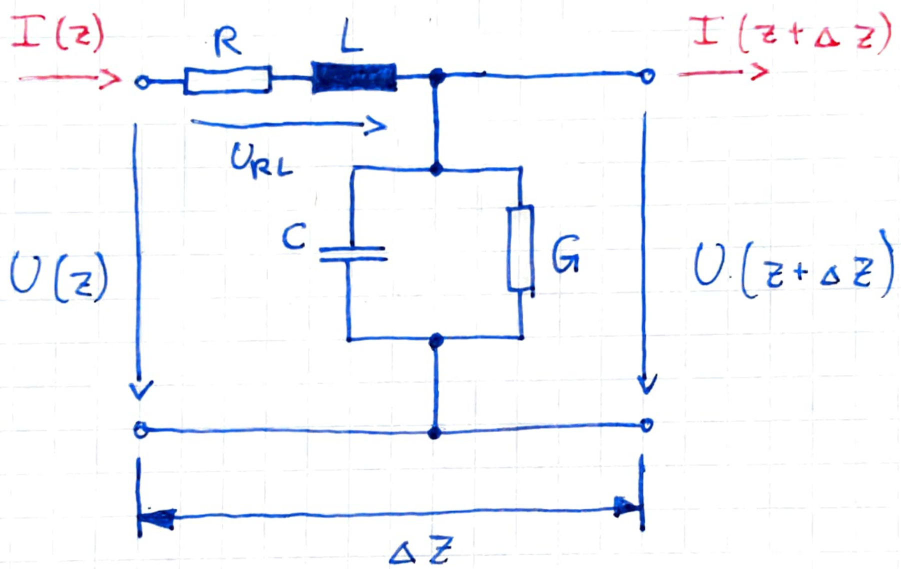
$$P_{WM} = P_T \cdot \sum_{n=0}^{8} 2 \cdot J_n(3)^2 = 543,4\ W$$

Leitungstheorie

(Buch Kap. 3)

Hauptbestandteile e. Leitung:

- Widerstand R
- Leitwert G
- Induktivität L
- Kapazität C



Leitungsbeläge:

$L' = \frac{L}{\Delta z}$ ... Induktivitätsbelag

$G' = \frac{G}{\Delta z}$ ... Leitwertbelag

$R' = \frac{R}{\Delta z}$ ... Widerstandsbelag

$C' = \frac{C}{\Delta z}$ ... Kapazitätsbelag

Telegraphengleichung

$$\underline{U}(z) = \underbrace{\underline{U}_{RL}(z)}_{\underline{I}(z)(R'+j\omega L')\Delta z} + \underline{U}(z+\Delta z)$$

Die Telegraphengleichung gibt die Spannungsverluste einer Leitung an.

$$\frac{\underline{U}(z)-\underline{U}(z+\Delta z)}{\Delta z} = \underline{I}(z)(R'+j\omega L')$$

$$-\frac{d\,\underline{U}(z)}{dz} = \underline{I}(z)(R'+j\omega L')$$

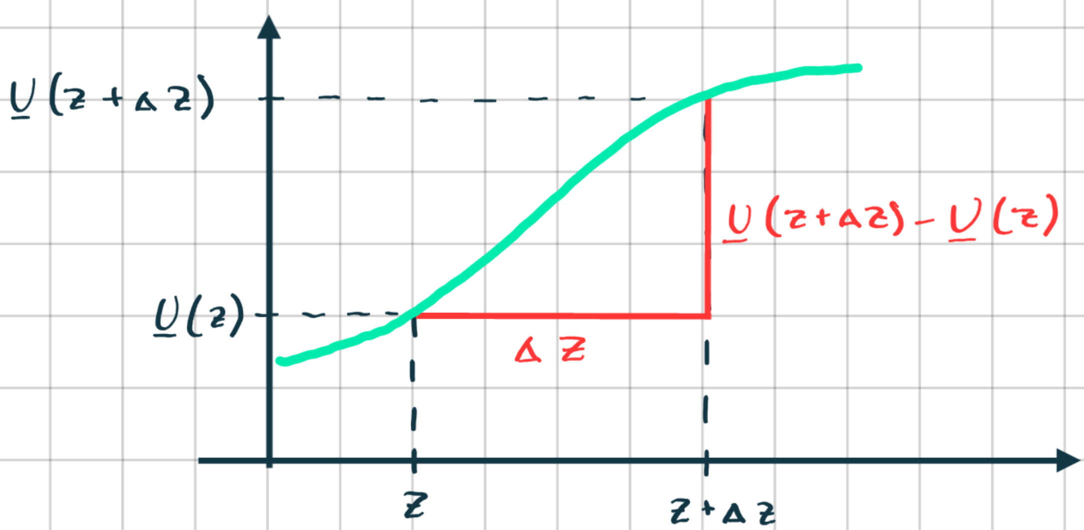


Abb.: Erläuterung Differenzenquotient vs. Differentialquotient

$$\underline{I}(z) = \underbrace{\underline{I}_{GC}(z)}_{U(z+\Delta z)(G'+j\omega C')\Delta z} + \underline{I}(z+\Delta z)$$

$$\frac{\underline{I}(z) - \underline{I}(z+\Delta z)}{\Delta z} = \underbrace{\underline{U}(z+\Delta z)}_{\to \underline{U}(z) \text{ für } \Delta z \to 0} (G' + j\omega C')$$

$$\mathrm{I}: \quad -\frac{d\underline{I}(z)}{dz} = \underline{U}(z)(G' + j\omega C')$$

$$\mathrm{II}: \quad \underline{I}(z) = -\frac{d\underline{U}(z)}{dz} \cdot \frac{1}{(R' + j\omega L')}$$

$$\mathrm{II} \to \mathrm{I}: \quad \boxed{\frac{d^2\underline{U}(z)}{dz^2} = \underline{U}(z)(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')}$$

Die Telegraphengleichung beschreibt eine allgemeine, eindimensionale Form der Wellengleichung, welche die Ausbreitung von Wellen (wie Schall / Licht) beschreibt.

Ausbreitungskonstante

$$\gamma^2 = (R' + j\omega L')(G' + j\omega C')$$

$$\boxed{\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')}}$$

$\alpha = Re\{\underline{\gamma}\}$ (Dämpfungskonstante)
$\beta = Im\{\underline{\gamma}\}$ (Phasenkonstante)

$\underline{\gamma}$ --> Telegraphengleichung:

$$\boxed{\frac{d^2 \underline{U}(z)}{dz^2} - \underline{\gamma}^2 \underline{U}(z) = 0}$$

Im Allgemeinen gibt es also eine Überlagerung von hinlaufenden (h) und rücklaufenden (r) Spannungswellen auf der Leitung:

$$\boxed{\underline{U}(z) = \underline{U}_h \cdot e^{-\underline{\gamma} z} + \underline{U}_r \cdot e^{\underline{\gamma} z}}$$ Lösung d. Telegraphengleichung

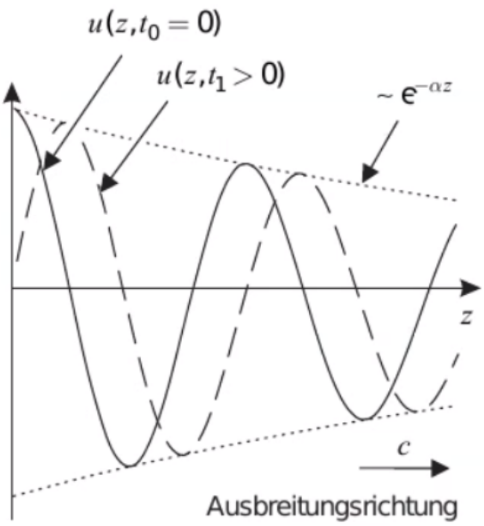
Zur Überprüfung:

$$\underline{U}'(z) = \underline{U}_h \cdot e^{-\underline{\gamma} z} \cdot (-\underline{\gamma}) + \underline{U}_r \cdot e^{\underline{\gamma} z} \cdot \underline{\gamma}$$
$$\underline{U}''(z) = \underline{U}_h \cdot e^{-\underline{\gamma} z} \cdot (-\underline{\gamma})^2 + \underline{U}_r \cdot e^{\underline{\gamma} z} \cdot \underline{\gamma}^2$$

$$u(z,t) = Re\{\underline{U}(z) \cdot e^{j\omega t}\}$$
$$= Re\{|\underline{U}_h| \cdot e^{j\varphi_h} \cdot e^{-\alpha z} \cdot e^{-\beta z} \cdot e^{j\omega t}\}$$

$$\boxed{u(z,t) = |U_h| \cdot e^{-\alpha z} \cdot \cos(\omega t - \beta z + \varphi_h)}$$

$U_h \mathrel{\hat{=}}$ Reelle Amplitude
$e^{-\alpha z} \mathrel{\hat{=}}$ Dämpfungsterm
$\cos(\dots) \mathrel{\hat{=}}$ Welle, die in pos. z-Richt. fortschreitet



Bsp. zur Leitungstheorie:

2.2. Welcher komplexe Ausdruck für den Ausbreitungskoeffizienten $\underline{\gamma}$ ergibt sich für eine Freileitung mit $R' = 8\,\Omega/\text{km}$, $L' = 2\,\text{mH/km}$, $G' = 1\,\mu\text{S/km}$, $C' = 5\,\text{nF/km}$ und $\omega = 5000\,1/\text{s}$?

2.3. Wie groß sind der Dämpfungsbelag α und der Phasenbelag β, wenn das Ausbreitungsmaß einer 50 km langen Leitung a) $\underline{g} = 1{,}5e^{j30°}$, b) $\underline{g} = 2{,}5e^{-j15°}$ und c) $\underline{g} = 2{,}5 + j1{,}2$ beträgt?

2.4. Wie lautet das Ausbreitungsmaß $\underline{g}$ in der Exponentialform für ein Kabel mit den folgenden Werten?
a) $\alpha = 45$ mNp/km; $\beta = 3{,}2°$/km; $l = 40$ km
b) $\alpha = 60$ mNp/km; $\beta = 0{,}07$ rad/km; $l = 120$ km
c) $\alpha = 30$ mNp/km; $\beta = 0{,}1$ rad/km; $l = 300$ km

Winkel des Wellenwiderstandes $\varphi = -20°$, Verlustwinkel des Längswiderstandes $\varepsilon = 60°$. Zu berechnen sind der Wellenwiderstand $\underline{Z}_L$ und der Ausbreitungskoeffizient $\underline{\gamma}$ sowie R' und G' bei $\omega = 5000\,1/\text{s}$.

2.11. Ein Kabel hat den Wellenwiderstand $\underline{Z}_L = 300\,\Omega$, den Dämpfungsbelag $\alpha = 40$ mNp/km und den Phasenbelag $\beta = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$ rad/km. Welche Beträge haben der Längswiderstand Z' und der Querleitwert Y'?

2.12. Berechne den Ausbreitungskoeffizienten und den Wellenwiderstand eines Kabels mit den Konstanten $R' = 50\,\Omega/\text{km}$, $L' = 0{,}6$ mH/km, $G' = 0$ und $C' = 40$ nF/km bei den Kreisfrequenzen a) $\omega = 314\,1/\text{s}$ (50 Hz), b) $\omega = 1000\,1/\text{s}$ (160 Hz), c) $\omega = 5000\,1/\text{s}$ (800 Hz) und d) $\omega = 25000\,1/\text{s}$ (4000 Hz).

Lösungen:

2.2. $\underline{Z}' = (8 + j\,10)\,\Omega/\text{km}$;

$\underline{Y}' = (1 + j\,25)\,\mu\text{S/km}$; $\underline{\gamma} = \sqrt{\underline{Z}'\underline{Y}'} =$

$= \sqrt{(8 + j\,10)(1 + j\,25) \cdot 10^{-6}}\,1/\text{km} =$

$= \sqrt{320{,}4 \cdot 10^{-6} e^{j139{,}1°}}\,1/\text{km} =$

$= \underline{17{,}90 \cdot 10^{-3} e^{j69{,}6°}\,1/\text{km}}$ oder

$\underline{(6{,}2 + j\,16{,}8)\,10^{-3}\,1/\text{km}}$

2.3. a) Umrechnung in die Normalform:

$\underline{g} = 1{,}299 + j\,0{,}75$; $\alpha = \dfrac{a}{l} = \dfrac{1{,}299}{50\,\text{km}} =$

$= 26$ mNp/km; $\beta = \dfrac{b}{l} = \dfrac{0{,}75}{50\,\text{km}} = \underline{15\,\text{mrad/km}}$

b) $\underline{g} = 2{,}41 - j\,0{,}65$; $\alpha = \underline{48\,\text{mNp/km}}$;

$\beta = \underline{-13{,}0\,\text{mrad/km}}$

c) $\alpha = \underline{50\,\text{mNp/km}}$; $\beta = \underline{24\,\text{mrad/km}}$

2.4. a) $\underline{g} = \underline{\gamma} l = l(\alpha + j\beta) =$

$= 40\text{ km}\,(0{,}045 + j\,0{,}056)^1/\text{km} = \underline{2{,}87 e^{j51{,}2°}\ ^1/\text{k}}$

b) $\underline{g} = 7{,}2 + j\,8{,}4 = 11{,}1 e^{j49{,}4°}$;

c) $\underline{g} = 9 + j\,30 = \underline{31{,}3 e^{j73{,}3°}}$

Reflexionsfaktor

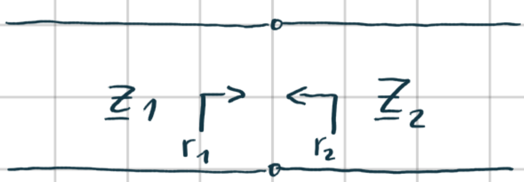
Def.: Verhältnis der rücklaufenden zur hinlaufenden Welle.

$$r = \frac{\underline{U}_r}{\underline{U}_h} = \frac{\cancel{\tfrac{1}{2}}(\underline{U}_0 - \underline{I}_0 \underline{Z}_L)}{\cancel{\tfrac{1}{2}}(\underline{U}_0 + \underline{I}_0 \underline{Z}_L)} = \frac{\underline{U}_0 - \underline{I}_0 \underline{Z}_L}{\underline{U}_0 + \underline{I}_0 \underline{Z}_L}$$

$$= \frac{\underline{Z}_A \cancel{\underline{I}_0} - \cancel{\underline{I}_0} \cdot \underline{Z}_L}{\underline{Z}_A \cancel{\underline{I}_0} + \cancel{\underline{I}_0} \underline{Z}_L} = \frac{\underline{Z}_A - \underline{Z}_L}{\underline{Z}_A + \underline{Z}_L}$$

(3.45) $\underline{U}_r = \frac{1}{2}(\underline{U}_0 - \underline{I}_0 \underline{Z}_L)$

(3.46) $\underline{U}_h = \frac{1}{2}(\underline{U}_0 + \underline{I}_0 \underline{Z}_L)$



$$r_1 = \frac{\underline{Z}_2 - \underline{Z}_1}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_1} \qquad r_2 = \frac{\underline{Z}_1 - \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}$$

$$\underline{U}_r = \underline{U}_h \cdot r$$

$$r = \frac{\underline{Z}_A - \underline{Z}_L}{\underline{Z}_A + \underline{Z}_L}$$

Beispiele

$U_G = 60\,V$

$R_I = 100\,\Omega$

$R_A = 500\,\Omega$

$Z_L = 300\,\Omega$

$$U_{1h} = U_G \cdot \frac{Z_L}{R_I + Z_L} = 60\,V \cdot \frac{300\,\Omega}{400\,\Omega} = 45\,V$$

$$I_{1h} = \frac{U_G}{R_I + Z_L} = \frac{60\,V}{400\,\Omega} = 0{,}15\,A$$

$$r_A = \frac{R_A - Z_L}{R_A + Z_L} = \frac{200\,\Omega}{800\,\Omega} = 0{,}25$$ ... Reflexionsfaktor (Ausgang)

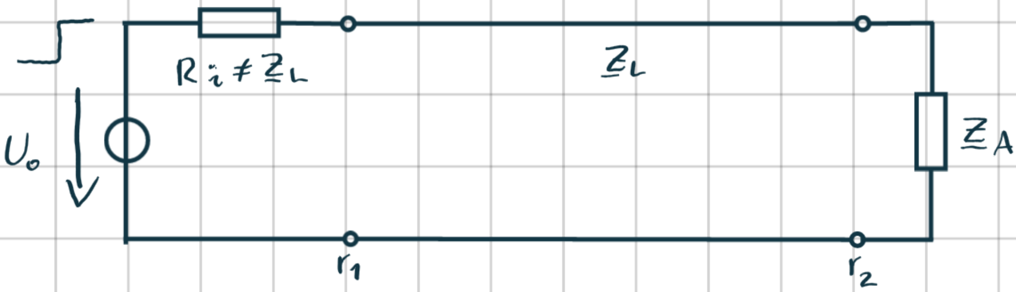
$$U_{1r} = r_A \cdot U_{1h} = 0{,}25 \cdot 45\,V = 11{,}25\,V$$

$$u_A(2t_D) = U_{1h} + U_{1r} = 45\,V + 11{,}25\,V = 56{,}25\,V$$

$$r_I = \frac{R_I - Z_L}{R_I + Z_L} = -\frac{200\,\Omega}{400\,\Omega} = -0{,}5$$

$$U_{2h} = r_I \cdot U_{1r} = -0{,}5 \cdot 11{,}25\,V = -5{,}625\,V$$

$$u_e(3t_D) = U_{1h} + U_{1r} + U_{2h} = 45\,V + 11{,}25\,V - 5{,}625\,V$$
$$= 50{,}625\,V$$



$$u_{h1} + u_{r1} \cdot r_1 \qquad u_{h1} + u_{h1} \cdot r_2 + u_{h1} \cdot r_2 \cdot r_1 \cdot r_2$$

$$\downarrow \qquad \downarrow$$

$$u_{h1}\left(1 + r_1 + r_1^2 \cdot r_2 + \dots\right) \qquad u_{h1}\left(1 + r_2 + r_2^2 \cdot r_1 + \dots\right)$$

$$t \to \infty : u_E = u_A = U_0 \frac{Z_A}{R_i + Z_A}$$

Leitungswellenwiderstand

$$Z_L = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

Ausbreitungskonst.

$$\gamma^2 = (R' + j\omega L')(G' + j\omega C')$$

→ bei verlustloser Leitung:

$$\boxed{Z_L = \sqrt{\frac{L'}{C'}}}$$

$$\gamma^2 = j^2 \cdot \omega^2 \cdot L' \cdot C'$$

$$\gamma = j\omega \sqrt{L' \cdot C'} = j\beta$$

$$\boxed{\beta = \omega \sqrt{L'C'}}$$

$$\frac{\cancel{2\pi}}{\lambda} = \cancel{2\pi} f \sqrt{L'C'}$$

$$\sqrt{L'C'} = \frac{1}{\lambda f} = \underbrace{\frac{1}{c}}_{= v_{ph}} = \frac{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}{c_0}$$

$$\sqrt{L'} = \frac{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}{\sqrt{C'} \cdot c_0}$$

$$\rightarrow \boxed{\underline{Z}_L = \frac{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}{C' \cdot c_0}}$$

Bsp. 3.5:

1) $l_0 = c_0 \cdot t_0 = 60\,m$

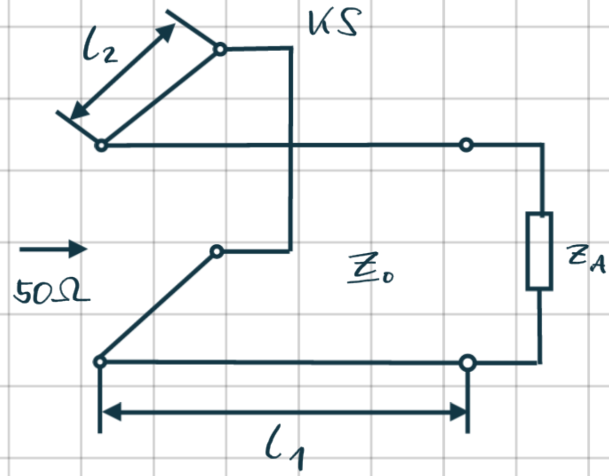
2)

$$C = 0$$

$$r_A = \frac{R_{As} \| R_{AP} - \underline{Z}_L}{R_{As} \| R_{AP} + \underline{Z}_L}$$

Bsp. zu Smith Diagramm:

$\underline{Z}_A = 120 - j\,80$



$\underline{z} = \frac{\underline{Z}_A}{\underline{Z}_0} = \frac{120}{50} - j\,\frac{80}{50}$

$\underline{z} = 2{,}4 - j\,1{,}6$

$$\boxed{\underline{Z}_E = \underline{Z}_A \frac{1 + j\frac{\underline{Z}_L}{\underline{Z}_A}\tan(\beta l)}{1 + j\frac{\underline{Z}_A}{\underline{Z}_L}\tan(\beta l)}}$$ Allgemeine Formel

$$\boxed{\underline{Z}_{E,KS} = j\,\underline{Z}_L \cdot \tan(\beta l)}$$ Kurzschlussformel

$$\boxed{\underline{Z}_{E,LL} = -j\,\underline{Z}_L \cdot \cot(\beta l)}$$ Leerlaufformel

$\lambda = 30\text{ cm} \rightarrow \boxed{l_1 = 0{,}14 \cdot \lambda = 0{,}14 \cdot 30\text{ cm} = 4{,}2\text{ cm}}$

$y = -j\,1{,}37$

$\frac{\underline{Z}_{E,KS}}{\underline{Z}_L} = j\tan(\beta l_2)$

$\frac{\underline{Z}_L}{\underline{Z}_{E,KS}} = -j\cot(\beta l_2) = -j\,1{,}37$

$\cot(\beta l_2) = 1{,}37$

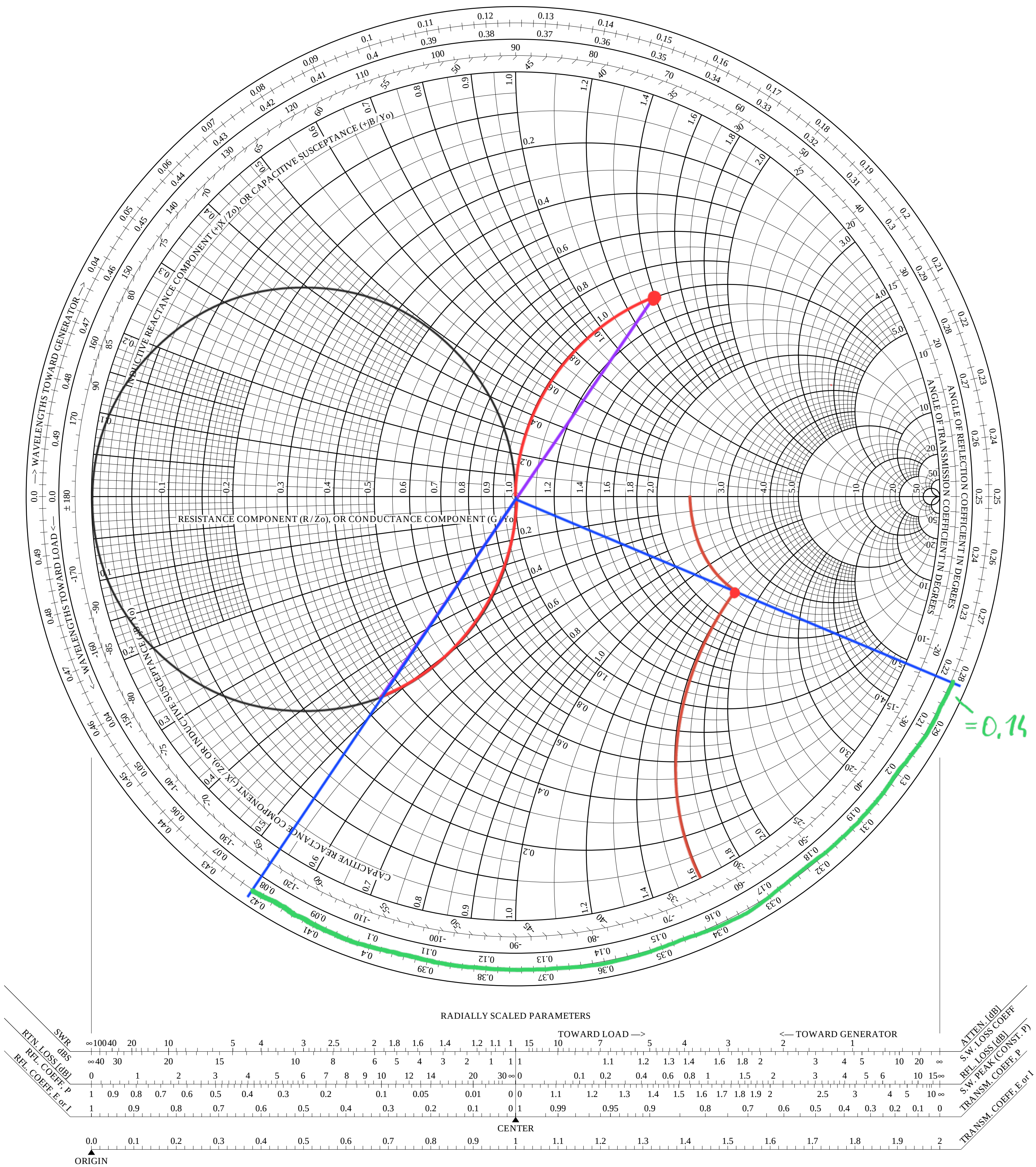
$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot l_2 = \operatorname{arccot}(1{,}37)$

$l_2 = \operatorname{arccot}(1{,}37)\frac{0{,}3}{2\pi} = \arctan\left(\frac{1}{1{,}37}\right)\frac{0{,}3}{2\pi}$

$$\boxed{l_2 = 0{,}03\text{ m}}$$

The Complete Smith Chart

Black Magic Design



Bsp.:

Z_A	norm. Imp.	norm. Adm.
$50\,\Omega$	1	1
$0\,\Omega$	0	∞
$\infty\,\Omega$	∞	0
$100\,\Omega$	2	0,5
$10\,\Omega$	0,2	5
$j20\,\Omega$	$j0{,}4$	$-j2{,}5$
$70\,\Omega + j20\,\Omega$	$1{,}4 + j0{,}4$	$0{,}7 - j2{,}5$
$10\,\Omega - j100\,\Omega$	$0{,}2 - j2$	$5 - j0{,}5$

Bsp.: $C' = 1{,}2\ \text{pF/cm}$

$L' = 4\ \text{nH/cm}$

ges.: a) Z_L

b) Phasendrehung bei 1 GHz 15 mm

c) Wellenlänge auf Leitung

d) eff. Dielektrikumszahl ε_r

a) $Z_L = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = 57{,}735\ \Omega$

b) $\beta = \omega\sqrt{L'C'} = 2\pi f\sqrt{L'C'}$

$= 2\pi \cdot 10^9 \sqrt{4\text{nH} \cdot 1{,}2\text{pF}} = 0{,}435\ \text{rad/cm}$

$\varphi = 0{,}435\ \frac{\text{rad}}{\text{cm}} \cdot 15\ \text{mm} = 0{,}6525\ \text{rad}$

d) $\frac{\omega}{\beta} = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}}$

⋮

Wiederholungsfragen zu Netzwerken

① Welchen Zweck haben Router in Computernetzen?
Sie leiten Pakete zwischen Netzwerken mit unterschiedlichen logischen Adressbereichen und sie bieten ein WAN Interface.

② Welchen Zweck haben Layer-3-Switches in Computernetzenen?
Sie leiten Pakete zwischen Netzwerken mit unterschiedlichen logischen Adressbereichen. Sie bieten aber kein WAN Interface.

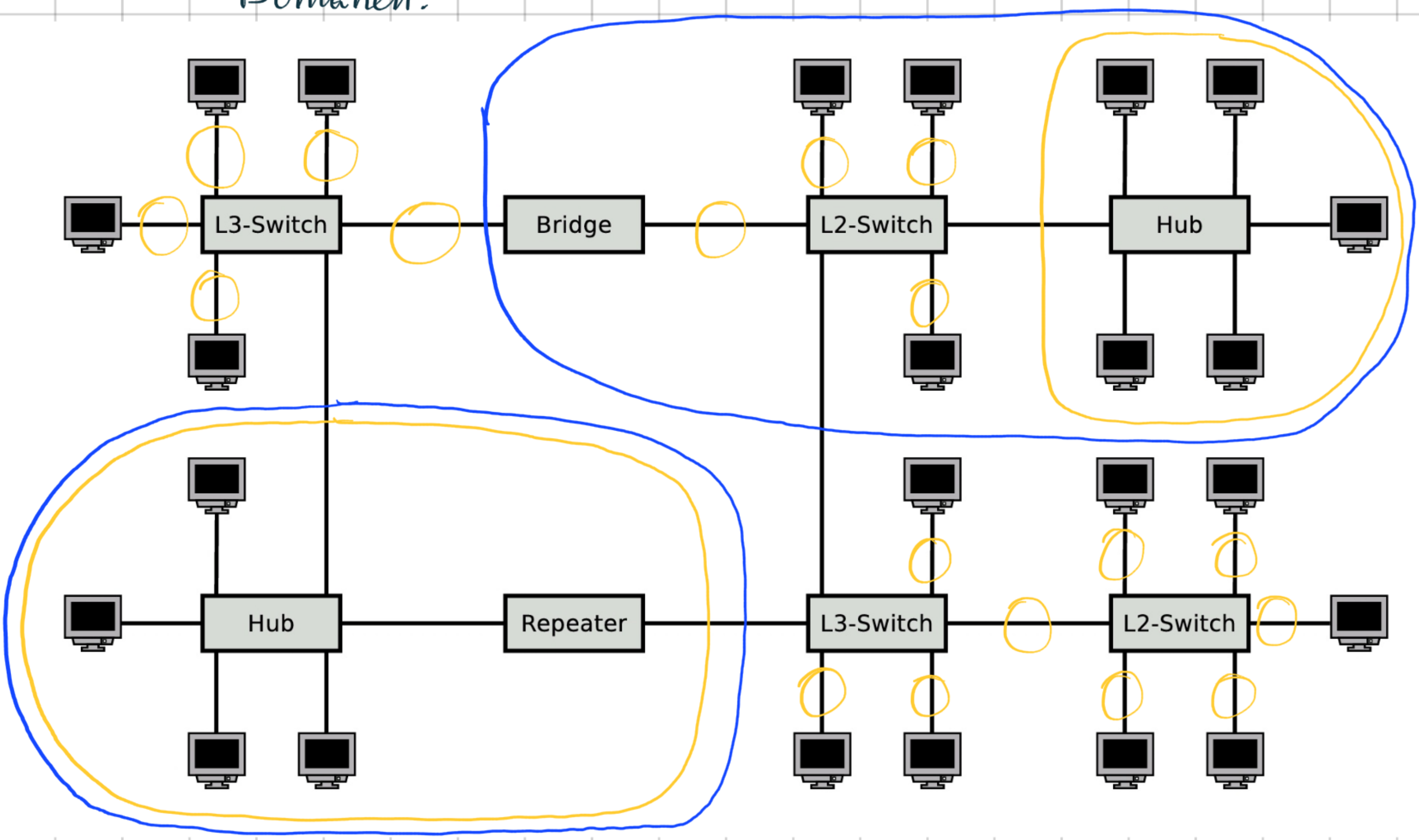
③ Welchen Zweck haben Gateways in Computernetzen?
Sie erlauben die Kommunikation zwischen Netzwerken mit unterschiedlichen Protokollen.

④ Warum sind Gateways in der Vermittlungsschicht von Computernetzen heutzutage selten nötig?
Da die Protokolle großflächig gleich sind.

⑤ Welche Geräte unterteilen die Kollisionsdomäne?
Bridge, Router, Layer-2-Switch, Layer-3-Switch

⑥ Welche Geräte unterteilen die Broadcast domain?
Router, Layer-3-Switch

⑦ Zeichne alle Bereiche aller Kollisions- & Broadcast Domänen.



⑧ Was bedeutet Unicast?
an ein Gerät

⑨ Was bedeutet Broadcast?
an alle Geräte in einem Subnetz

(10) Was bedeutet Multicast?
an eine Gruppe von Geräten

(11) Was bedeutet Anycast?
an ein Gerät einer Gruppe

(12) Warum wurde CIDR eingeführt?
Um die Adressbereiche effizienter und dynamisch zu verwalten.

(13) Beschreibe die Funktionalität des CIDR

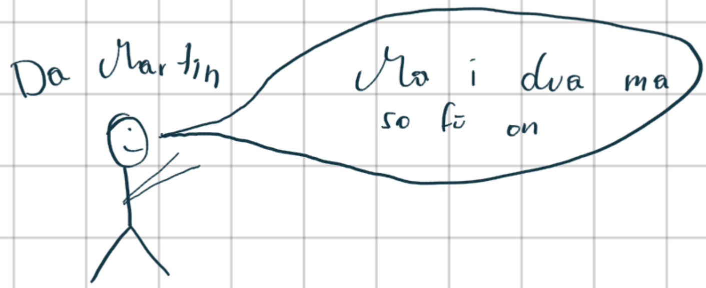
(14) Beispiel:

IP-Adresse	151.175.31.100	1001 0111 1010 1111 0001 1111 0110 0100
Netzmaske	255.255.254.0	1111 1111 1111 1111 1111 1110 0000 0000
Netzadresse	151.175.30.0	1001 0111 1010 1111 0001 1110 0000 0000
E. Hostadresse	151.175.30.1	1001 0111 1010 1111 0001 1110 0000 0001
L. Hostadresse	151.175.31.254	1001 0111 1010 1111 0001 1111 1111 1110
Broadcast-Adr.	151.175.31.255	1001 0111 1010 1111 0001 1111 1111 1111

(15) Anderes Beispiel:

IP-Adresse 1	201.20.222.13	1100 1001 0001 0100 1101 1110 0000 1101
Subnetz	255.255.255.240	1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 0000

jo genau :)



⑯ No a beispui?

4500 0034 4C22 4000 F706 ? C163 9055 0A00 008B

Sum: 11 0010 0100 1001 1111

Add carry: 11 + 0010 0100 1001 1111 = 0010 0100 1010 0010

Flip: 1101 1011 0101 1101

= DB5D