

31.01.07

## Aufgabe 3)

Beynam 1.ang  
1822571

Aus dem Skript gilt die Übertragungsfunktion:

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{-Y_1 Y_3}{Y_5 (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) + Y_3 Y_4}$$

$$Y_2 = \frac{1}{R} \quad Y = \frac{1}{Z}$$

$$Y_4 = j\omega C$$

SS	WS	Semester	Fach	Dozent
09/10		E4	GN	VLH
FSR - Klausurensammlung 7/11				

Daraus folgt:

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{-(j\omega C_1)(j\omega C_3)}{1/R_5 (j\omega C_1 + 1/R_2 + j\omega C_3 + j\omega C_4) + j\omega C_3 \cdot j\omega C_4}$$

$$\frac{U_A}{U_E} =$$

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{-(j\omega)^2 C_1 C_3 R_2 R_5}{j\omega C_1 R_2 + 1 + j\omega C_3 R_2 + j\omega C_4 R_2 + R_2 R_5 (j\omega)^2 C_3 C_4}$$

10/10

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{-(j\omega)^2 C_1 C_3 R_2 R_5}{(j\omega)^2 C_3 C_4 R_2 R_5 + j\omega R_2 [C_1 + C_3 + C_4] + 1}$$

5)

$$\frac{a}{\omega_0} = R_2 [C_1 + C_3 + C_4] \quad \text{HP, nicht TP}$$

13/15

$$\Rightarrow \frac{b}{\omega_0^2} = C_3 C_4 R_2 R_5$$

$$\lim_{\omega \rightarrow \infty} \frac{U_A}{U_E} = -1 \Rightarrow -\frac{C_1 C_3 R_2 R_5}{C_3 C_4 R_2 R_5} = -1$$

$$\frac{C_1}{C_4} = 1 \Rightarrow C_1 = C_4 \quad \checkmark$$

$$\Rightarrow \frac{a}{\omega_0} = R_2 [2C_1 + C_3]$$

$$\frac{a}{\omega_0} \cdot \frac{1}{R_2} = 2C_1 + C_3$$

$$C_1 = \left[ \frac{a}{\omega_0} \frac{1}{R_2} - C_3 \right] \cdot \frac{1}{2} \quad \text{mit } a = \sqrt{2}$$

$$C_1 = \left[ \frac{\sqrt{2}}{2\pi \cdot 12\text{kHz}} \cdot \frac{1}{100\Omega} - 100\text{nF} \right] \cdot \frac{1}{2} = 231,35 \cdot 10^{-9} \text{F}$$

31.01.08

Aufgabe 3)

Benjamin King  
1822536

$$\frac{b}{\omega_0^2} = C_3 C_4 R_2 R_5$$

$$\Rightarrow R_5 = \frac{b}{\omega_0^2 \cdot C_3 C_4 R_2}$$

$$b \stackrel{!}{=} 1$$

$$R_5 = \frac{1}{(2\pi \cdot 12\text{Hz})^2 \cdot 100 \cdot 10^{-9}\text{F} \cdot 231,35 \cdot 10^{-9}\text{F} \cdot 400\Omega}$$

$$= 2,737 \text{ k}\Omega$$

SS	VWS	Semester	Fach	Dozent
07/08		E4	GN	VLM
FSR - Klausurensammlung				

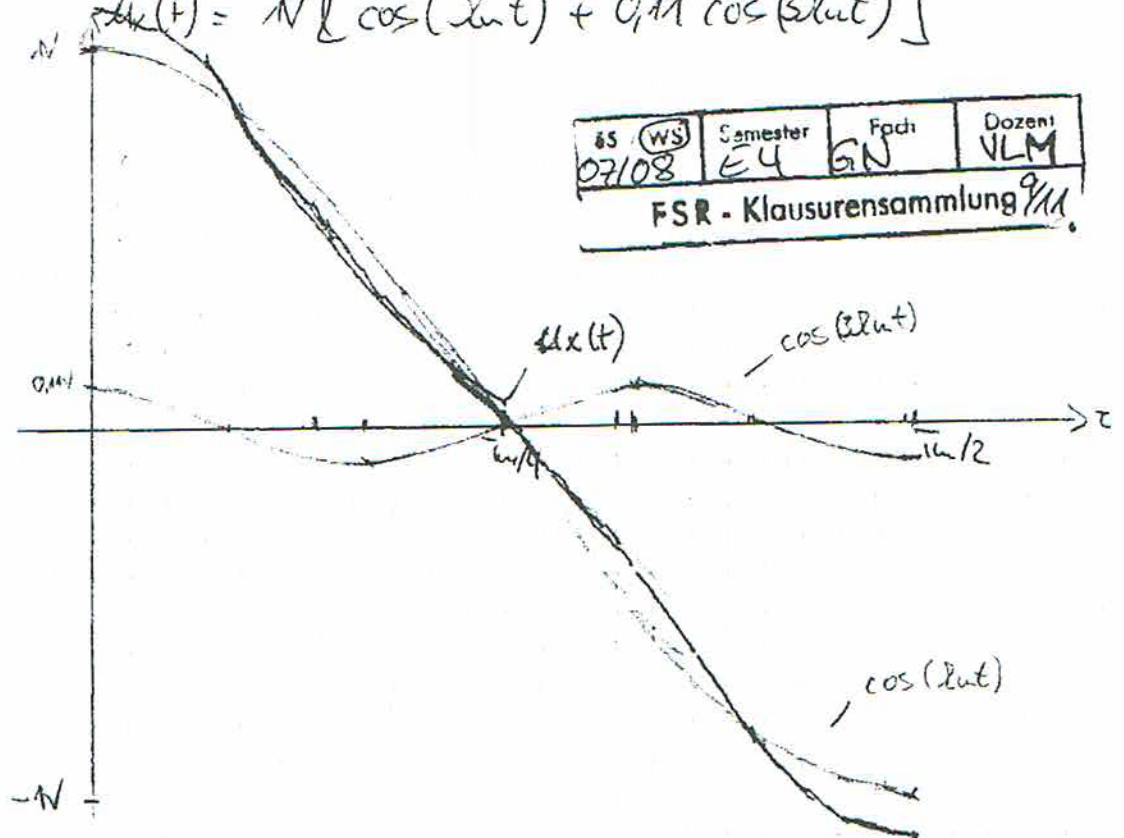
31.01.08

## Aufgabe 4)

Benjamin 1.01.08  
182)5)6

a) Skizze der ersten beiden Cosinus-Themen.

$$u_x(t) = N [\cos(2\pi t) + 0,11 \cos(32\pi t)]$$



414

$$b) u_{\max} = N + 0,11V + 0,04V = 1,15V$$

$$u_{\min} = -N - 0,11V - 0,04V = -1,15V$$

(Aus der Zeichnung raus)

414

$$c) U_m(f) = \mathcal{F}\{u_m(t)\}$$

Einzelne Transformation der Cosinusse.

$$u_1(f) = N \cdot \frac{1}{2} (\delta(f + f_m) + \delta(f - f_m))$$

$$u_2(f) = 0,11V \cdot \frac{1}{2} (\delta(f + 3f_m) + \delta(f - 3f_m))$$

$$u_3(f) = 0,04V \cdot \frac{1}{2} (\delta(f + 5f_m) + \delta(f - 5f_m))$$

$$U_m(f) = 0,5V [\delta(f + f_m) + \delta(f - f_m)] + 0,055V [\delta(f + 3f_m) + \delta(f - 3f_m)] + 0,02V [\delta(f + 5f_m) + \delta(f - 5f_m)]$$



31.01.08

Seit 1821576

Aufgabe 4)

$$d) u_c(t) = k \cdot u_m(t) \cdot u_r(t)$$

$$= k \hat{u}_m [\cos(\omega_m t) + 0,11 \cos(3\omega_m t) + 0,04 \cos(5\omega_m t)] \cdot \hat{u}_r \cos(\omega_r t)$$

WS	Lehrstuhl	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 10/11

$$u_c(t) = k \hat{u}_m \hat{u}_r [\cos(\omega_m t) \cos(\omega_r t) + 0,11 \cos(3\omega_m t) \cos(\omega_r t) + 0,04 \cos(5\omega_m t) \cos(\omega_r t)]$$

$$\Rightarrow u_c(t) = \frac{1}{2} k \hat{u}_m \hat{u}_r [\cos((\omega_m - \omega_r)t) + \cos((\omega_m + \omega_r)t) + 0,11 \cos(3\omega_m + \omega_r)t + 0,11 \cos(3\omega_m - \omega_r)t + 0,04 \cos(5\omega_m + \omega_r)t + 0,04 \cos(5\omega_m - \omega_r)t]$$

$$= u_c(t) = \frac{1}{4} V [\cos 999842t + \cos 100142t + 0,11 \cos 997842t + 0,11 \cos 100342t + 0,04 \cos 995842t + 0,04 \cos 1005842t]$$

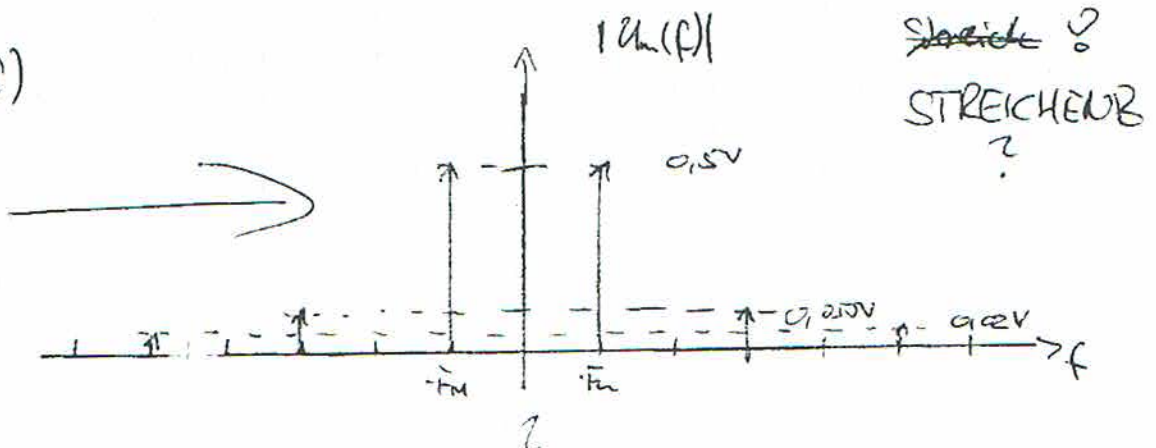
4/4

e)	f [kHz]	999	1001	999	1003	995	1005
noch 6/8	P [mW]		$5 \cdot 10^{-3}$		$6,05 \cdot 10^{-5}$		$8 \cdot 10^{-6}$
	P [dBm]		6,99		-12,112		-20,92

$$P = \frac{\hat{u}^2}{2R} = \frac{\hat{u}^2}{2 \cdot 50 \Omega} = \dots$$

$$P_{dBm} = 10 \lg(P/\text{mW})$$

f)

noch  
4/4

31.01.08

Aufgabe 4)

Benjamin Jung  
1822536

g) In  $P_2$  ungesetzte Leistung, wurde die  
Summe aller Leistung aus e) sein

2/2

$$P_{\text{ges}} = 2(5 \cdot 10^{-3} \text{ W} + 2 \cdot 6,05 \cdot 10^{-5} \text{ W} + 8 \cdot 10^{-6} \text{ W})$$

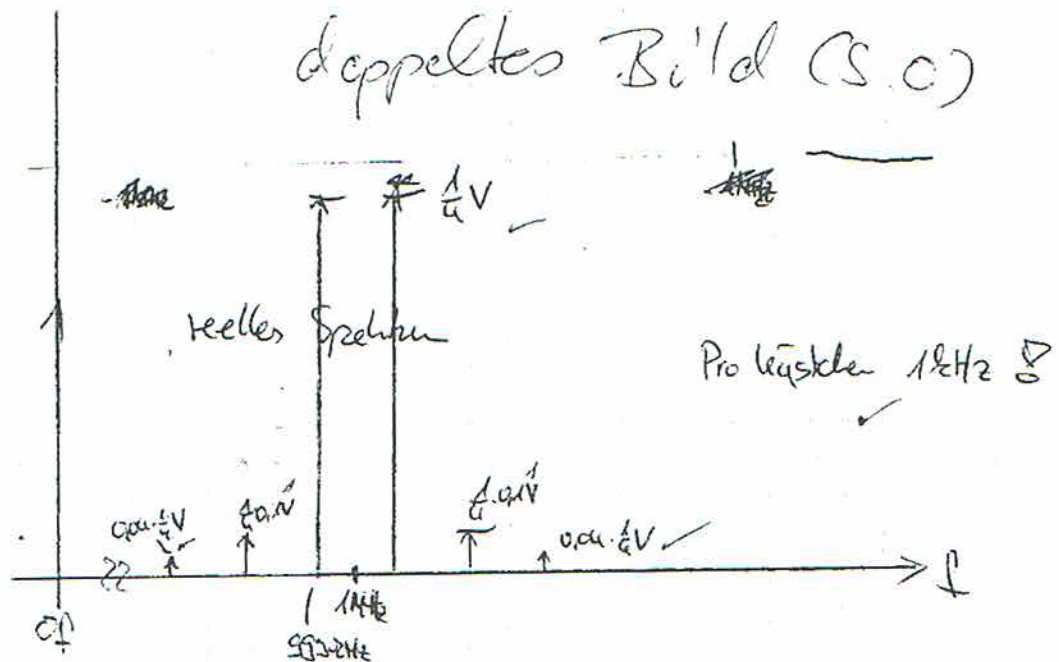
$$= 10,132 \text{ mW}$$

#

Punkte (P)  
S.C.



doppeltes Bild (S.C.)



SS	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLH
FSR - Klausurensammlung			

Prof. Dr.-Ing. J. Vollmer  
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Department für Informations- und Elektrotechnik  
Informationstechnik und Kommunikationstechnik

Name: \_\_\_\_\_  
Vorname: \_\_\_\_\_  
Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

Anzahl der abgegebenen Blätter: 7

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4a)  
vom 12. Juli 2007

**Hinweis 1:** Formeln dürfen nur aus dem aktuellen Vorlesungsskript von Prof. Missun übernommen werden (mit Quellenangabe!). Die Verwendung von Formeln aus anderen Quellen ist nur zur Kontrolle erlaubt. Der Lösungsweg ist in diesem Fall anzugeben!

**Lösungen ohne Herleitungen  
erhalten nur eine stark verringerte Punktzahl**

	bearbeitet (X = ja)	mögliche Punktzahl	erreichte Punktzahl
Aufgabe 1		25	6
Aufgabe 2		20	13
Aufgabe 3		30	18
Aufgabe 4		15	10
(Zusatzaufgabe)		(20)	9
Summe		90	56

Bewertung:

87 Pkt

**Aufgabe 1** Leitung (25 Punkte)

Gegeben sei schwach gedämpfte Leitung ( $G'=0$ ) mit den Eigenschaften:

Dämpfung: 4dB/100m, Länge: 50 m, Verzögerung:  $T=250$  ns, Widerstandsbelag:  $R'=0,5 \Omega/m$

- Berechnen Sie den Betrag des Wellenwiderstandes  $|Z_w|$ , den Verkürzungsfaktor  $k$  und die Leitungsbeläge  $L'$  und  $C'$ .
- Kann die Leitung ein Signal verzerrungsfrei oder nur nahezu verzerrungsfrei übertragen? Begründen Sie Ihre Antwort (Verständnisfrage!).



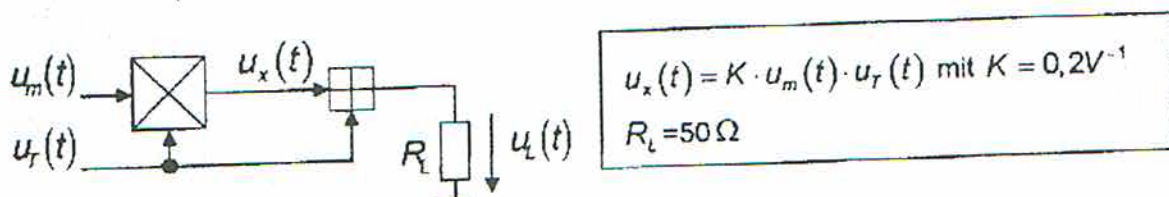
### Aufgabe 2 Rauschzahl (20 Punkte)

Ein Verstärker habe eine Bandbreite von 100kHz und jeweils  $100\Omega$  Eingangs- und Ausgangswiderstand. Das Eingangssignal habe einen Effektivwert von  $3\mu\text{V}$  und eine Bandbreite von maximal 100kHz. Neben dem Eingangssignal tritt nur thermisches Rauschen auf ( $T=300\text{ Kelvin}$ ).

- Am Ausgang soll ein Signal- zu Rauschabstand von 20 dB erreicht werden und die Ausgangsleistung soll 10 pW betragen. Berechnen Sie den minimalen Leistungsverstärkungsfaktor  $v_p$  in dB und die maximale Rauschzahl  $F$  des Verstärkers.
- Das Eingangssignal habe nun nur 50kHz Bandbreite. Ein ideales Filter mit 0dB Einfügungsdämpfung, 50kHz Bandbreite und  $100\Omega$  Ein- und Ausgangswiderstand wird nach dem Verstärker eingebaut. Wie groß ist der Signal- zu Rauschabstand am Filterausgang? (Hinweis: Beachten Sie die Rauschleistung.)

### Aufgabe 3 Amplitudenmodulation (30 Punkte)

Folgendes System aus Multiplizierer und Addierer wird zur Amplitudenmodulation verwendet.



Es gilt  $u_m(t) = \hat{u}_1 \cos(\omega_m t) + \hat{u}_2 \cos(3\omega_m t)$  und  $u_r(t) = \hat{u}_r \cos(\omega_r t)$  mit  $\hat{u}_1 = 2\text{V}$ ,  $\hat{u}_2 = 0,5\text{V}$ ,  $\hat{u}_r = 2\text{V}$  und  $\omega_r \gg \omega_m$ .

- Bestimmen Sie die maximalen und minimalen Wert von  $u_L(t)$ .  
(Hinweis: Skizzieren Sie das Signal  $u_m(t)$ .)
- Berechnen Sie den Modulationsgrad von  $u_L(t)$ .
- Berechnen Sie die Effektivwerte aller Spektrallinien des Ausgangssignals  $u_L(t)$ .

### Aufgabe 4 Klirrfaktorberechnung (15 Punkte)

Eine Verstärkerkennlinie wird beschrieben durch  $u_A(u_E) = u_E + a \cdot u_E^3$  mit  $a = 0,01 \cdot \text{V}^{-2}$ . Nun wird ein das Signal  $u_E(t) = \hat{u}_E \cos(\omega_0 t)$  auf den Verstärker gegeben wird.

- Berechnen Sie den Klirrfaktor  $k$  als Funktion von  $a$  und  $\hat{u}_E$ .
- Gegen welchen Wert konvergiert der Klirrfaktor für  $\hat{u}_E \rightarrow \infty$ ?

### Zusatzaufgabe Filterentwurf (20 Punkte)

Entwerfen Sie ein Butterworthfilter 6-ter Ordnung in Normalform (3dB Dämpfung bei  $\omega = \omega_0$ ).

- Bestimmen Sie alle Polstellen des stabilen Butterworthfilters und skizzieren Sie diese in der komplexen Ebene.
- Das Übertragungsfunktion kann als Produkt von Teilfunktionen zweiter Ordnung mit reellwertigen Koeffizienten geschrieben werden. Berechnen Sie diese Koeffizienten.

$$a = \frac{4 \text{ dB}}{100 \text{ m}}$$

$$L = 50 \text{ m}, T = 250 \text{ ns}$$

$$R' = 0,5 \Omega =$$

6/20 a)

Approximation

gilt  
nur unter  
gegebenen  
Bed.

~~$$R' = \frac{4 \text{ dB}}{100 \text{ m}}, R = 4 \Omega$$~~

$$R = R' \cdot L = 0,5 \Omega \cdot 50 \text{ m} = 25 \Omega$$

$$\beta = \frac{v_F}{c_0} = \frac{L}{T \cdot c_0} = \frac{50 \text{ m} \cdot 3}{250 \text{ ns} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = \frac{2}{3} = 0,66 \quad \checkmark$$

$$\alpha = \left( \frac{2 \text{ dB}}{50 \text{ m}} \cdot 50 \text{ m} \right) = 2 \text{ dB} \quad f = \frac{a}{11^2}$$

$$R \cdot C_0 = \frac{1}{T \cdot C_0}$$

~~$$\beta = \frac{1}{R \cdot C_0}$$~~

$$\beta = \frac{2\pi \frac{1}{T}}{R \cdot C_0}$$



# Aufgabe 2)

WS	Semester	Fach	Dozent
07	EF	GV	ULM
FSR - Klausurensammlung			

$$B = 100 \text{ kHz}$$

$$R = 100 \Omega$$

$$u_n = 3 \mu\text{V}$$

$$\text{SNR}_2 = 20 \text{ dB}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

a)

12/16

$$P_{s,1} = \frac{(3 \mu\text{V})^2}{100 \Omega} = \frac{u_n^2}{R} = 9 \cdot 10^{-11} \text{ W}$$

$$P_{r,1} = k \cdot T \cdot B = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 300 \text{ K} \cdot 100 \text{ kHz} = 4.14 \cdot 10^{-16} \text{ W}$$

$$\frac{P_{s,1}}{P_{r,1}} = 2.17,33$$

$$\text{SNR}_1 = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{s,1}}{P_{r,1}}\right) = 23,37 \text{ dB}$$

$$F_{\text{ges}} = \text{SNR}_1 - \text{SNR}_2 = 3,37 \text{ dB}$$

$$F_{\text{ges}} [\text{Lin}] = 10^{\frac{2.37 \text{ dB}}{10}} = 2,17$$

$$\text{SNR}_2 = 10 \cdot \log P_{s,2}$$

$$\Rightarrow P_{s,2} = 10^{\frac{\text{SNR}_2}{10}} \cdot P_{r,2} = 10^{\frac{20}{10}} \cdot 4.14 \cdot 10^{-16} \text{ W} = 4.14 \cdot 10^{-14} \text{ W}$$

$$V_F = \frac{P_{s,1}}{P_{s,2}} = \frac{9 \cdot 10^{-11} \text{ W}}{4.14 \cdot 10^{-14} \text{ W}} = 2,17$$

$\uparrow f$ , Kohärenz

b)

1/4

$$P_{r2} = k \cdot T B_2 = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{W}{K} \cdot 300 K \cdot 50 kHz$$

$$= 2,07 \cdot 10^{-16} W \quad \neq \quad (= P_{r1})$$

$$SNR_1 = 10 \log \frac{P_{s1}}{P_{r1}} = 10 \log \left( \frac{9 \cdot 10^{-14} W}{2,07 \cdot 10^{-16} W} \right)$$

(+ 2) Gleich Fehler haben sich auf

$$= 26,38 dB$$

$$SNR_2 = 10 \log \left( \frac{P_{s2}}{P_{r2}} \right) = 10 \log \left( \frac{10 pW}{2,07 \cdot 10^{-16} W} \right)$$

$$= 46,84 dB$$

$$SNR_{ges} = SNR_1 - SNR_2 = 26,38 dB - 46,84 dB$$

$$= -20,45 dB$$

Aufgabe 3:

$$\omega_j = \Omega_T$$

a)

$$u_z(t) = u_x(t) + u_T(t)$$

$$= k \cdot u_m(t) \cdot u_T(t) + u_T(t) \quad \checkmark$$

$$= u_T(t) (1 + k \cdot u_m(t)) \quad \checkmark$$

$$= 2V \cos \Omega_T t \left( 1 + \underbrace{0,2}_{\checkmark} (2V \cos(\omega_m t)) + 0,5V \cos(3\omega_m t) \right) \quad \checkmark$$

$$= 2V \cdot \cos \Omega_T t (1 + 0,4V \cos(\omega_m t) + 0,1 \cos(3\omega_m t)) \quad \checkmark$$

$$\| \cos(\omega_m t) = 1 \quad \text{bei } \omega_m t = 0$$

$$\Rightarrow 3 \cdot \omega_m t = 3 \cdot V = 0$$

$$\Rightarrow \cancel{2V} u_{z, \max} = 2V (1 + 0,4 + 0,1) = 3V \quad \checkmark$$

$$\| \cos(\omega_m t) = -1 \quad \text{bei } \omega_m t = \pi$$

auch  $\cos(3\omega_m t) = \cos(3\pi) = -1$

$$\rightarrow \cancel{u_{z, \min} = -1 \cdot 2V (1 + (-1) \cdot 0,4 + (-1) \cdot 0,1)}$$

$$u_{z, \min} = -1 \cdot 2V (1,5) = -3V$$

anders gedacht, jedoch so interpretierbar