

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4a)
vom 31. Januar 2009

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 und die korrekte Angabe der Einheiten erhalten nur eine verringerte Punktzahl.

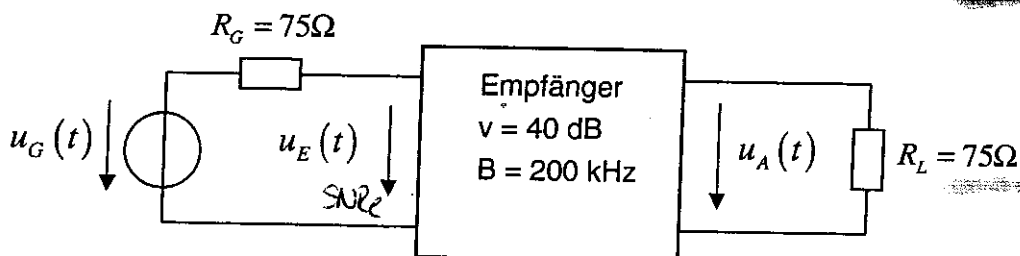
	bearbeitet (X = ja)	mögliche Punktzahl	erreichte Punktzahl
Aufgabe 1		15	15
Aufgabe 2		20	3
Aufgabe 3		25	23
Aufgabe 4		30	28
(Zusatzaufgabe)		(25)	-
Summe		90	79

Bewertung:

157

Aufgabe 1 Empfangssystem (15 Punkte)

Bei einer effektiven Eingangsspannung von $U_E = 18 \mu\text{V}$ und $T = 290 \text{ K}$ wird am Ausgang ein SNR von 18dB gemessen. Ein- und Ausgangsimpedanz des Systems sind jeweils 75Ω .

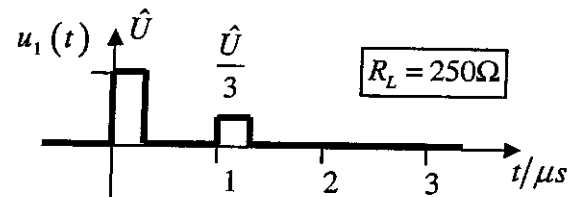
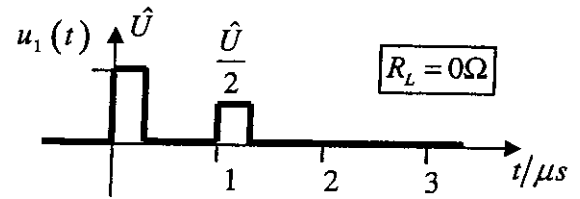
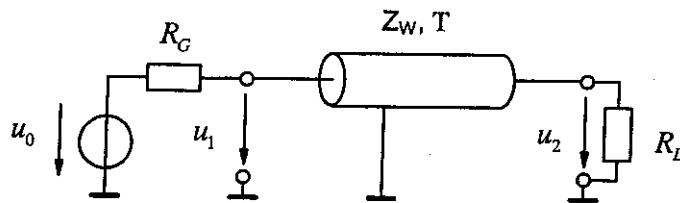


- ✓ a) Welche Rauchzahl muss der Empfänger haben?
- ✓ b) Bei welcher effektiven Generatorspannung U_G sinkt das SNR auf 6,02dB?

 $\frac{1}{2} u_G$ am Empfänger

Aufgabe 2 Leitung (20 Punkte)

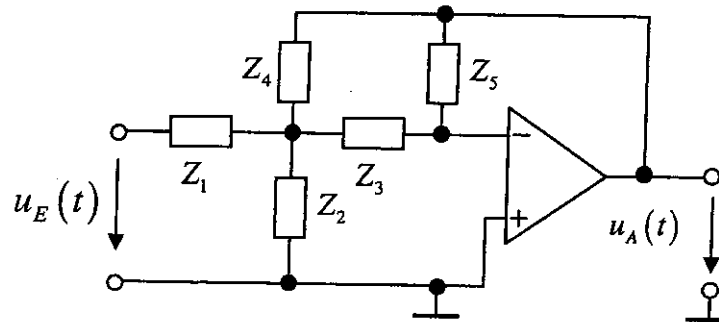
Auf eine schwach gedämpfte Leitung ($G'=0$) von 100 Meter Länge wird ein Rechteckimpuls gegeben. Die Bilder zeigen die Eingangsspannung $u_1(t)$ für die Fälle $R_L=0\ \Omega$ und $R_L=250\ \Omega$. Nehmen Sie den Wellenwiderstand Z_W immer als rein reellwertig an.



- Wie ist das Verhältnis R_G/Z_W ? (Verständnisfrage ohne Rechnung.)
- Bestimmen Sie Z_W , die Leitungsbeläge L' , R' , C' und den Ausbreitungskoeffizienten γ .
- Wie würde $u_1(t)$ für $R_G = Z_W/2$ aussehen? (Prinzipielle Beschreibung, keine Rechnung nötig)

Aufgabe 3 Filterentwurf (25 Punkte)

Mit der dargestellten Schaltung mit idealem Operationsverstärker soll ein Butterworthhochpassfilter zweiter Ordnung mit der 3dB Grenzfrequenz $f_g = 1\text{ kHz}$ realisiert werden.



werden.

- Stellen Sie die Übertragungsfunktion U_A/U_E als Funktion der Impedanzen und $j\omega$ in Normalform auf. Für einen Hochpass müssen Z_1, Z_3 und Z_4 Kapazitäten, Z_2 und Z_5 Widerstände sein. (Normalform: Nennerpolynom hat die Form $1 + \alpha_1 \cdot (j\omega) + \alpha_2 \cdot (j\omega)^2 + \dots$)
- Nun sein $C_3 = 100\text{ nF}$, $R_2 = 400\ \Omega$ und $U_A/U_E \rightarrow -1$ für $\omega \rightarrow \infty$. Berechnen Sie die Werte der unbekannten Bauelemente.

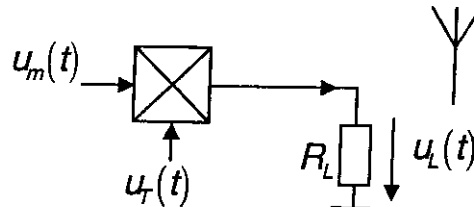
Aufgabe 4 Amplitudenmodulation (30 Punkte)

SS / WS 02/08	Semester E4	Fach GN	Dozent VLH
FSR - Klausurensammlung 3/11			

Das Signal $u_m(t)$ ist definiert als

$$u_m(t) = 1V \cdot [\cos(\Omega_m t) + 0,11 \cdot \cos(3\Omega_m t) + 0,04 \cdot \cos(5\Omega_m t)]$$

mit $\Omega_m = 2\pi F_m$ und $F_m = 1$ kHz. Der modulierende Träger ist $u_T = 1V \cdot \cos(\Omega_T t)$ mit $\Omega_T = 2\pi F_T$ und $F_T = 1$ MHz gilt. Das Signal $u_m(t)$ am Ausgang des Multiplizierers ist $u_L(t) = K \cdot u_m(t) \cdot u_T(t)$ mit $K = 0,5V^{-1}$. Die Sendeantenne entspricht einem Lastwiderstand von $R_L = 50 \Omega$. gilt.



- Skizzieren Sie von $u_m(t)$ eine halbe Periode ($0 \leq t \leq T_m/2 = 1/(2F_m)$) indem Sie die ersten zwei Teilfunktionen grafisch addieren. Beschriften Sie die Zeichnung vollständig. (Tipp: Zeichnen Sie die zweite Teilfunktion zuerst und lassen Sie sich Platz.)
- Bestimmen Sie die maximalen und minimalen Wert von $u_m(t)$ (Tipp: Eventuell hilft a)).
- Bestimmen Sie das Spektrum $U_m(f) = \mathcal{F}\{u_m(t)\}$.
- Geben Sie $u_L(t)$ als einfache gewichtete Summe von Cosinusfunktionen an, d.h. es sollen keine Produkte von Sinus- oder Cosinusfunktionen auftreten.
- Berechnen Sie die mittleren Leistungen aller Spektrallinien des Sendesignals $u_L(t)$ in dBm und tragen Sie diese mit den Frequenzen in eine Tabelle ein.
- Skizzieren das Betragsspektrum für $|f - F_T| \leq 6F_m$ (Vollständige Beschriftung).
- Berechnen Sie die an R_L im Mittel insgesamt umgesetzte Leistung.

Zusatzaufgabe: Verzerrungen (25 Punkte)

Vier Systeme sollen auf die Art der durch sie verursachten Verzerrungen hin untersucht werden. Dazu wird an den Eingang jeweils das Testsignal $x(t) = 2V \cdot \cos(2\pi f t)$ angelegt mit den Signalfrequenzen $|f| \leq 1$ MHz. Man beobachtet für die 4 Systeme folgende Ausgangssignale:

$y_1(t) = 1,5V \cdot \cos(2\pi f t + \pi f / 100\text{kHz})$	$y_2(t) = 1V + 1V \cdot \cos(4\pi f t)$
$y_3(t) = 1,5V \cdot \cos(2\pi f_x t + \Theta(f_x))$ mit $\Theta(f) = -\pi(f/1\text{MHz})^2$	$y_4(t) = \frac{1,5V}{\sqrt{1+(f/1\text{MHz})^2}} \cos(2\pi f t + \Theta(f))$ mit $\Theta(f) = -\arctan(f/1\text{MHz})$

Beantworten Sie für alle vier Systeme für das beobachtet Frequenzintervall folgende Fragen:

(Ohne Begründung gibt es bei a)-c) keine Punkte! Schreiben Sie in ganzen Sätzen!)

- Ist das System „Verzerrungsfrei“?
- Ist das System „Linear“ oder „Nichtlinear“?
- Nennen Sie ein System aus der Nachrichtentechnik, welches sich so verhalten würde.
- Berechnen Sie für alle linearen Systeme die Signalverzögerungszeiten für $f = 1$ MHz.

(Hinweis: $\arctan(x)' = 1/(1+x^2)$)

31.01.07

GN - Klausur

Benjamin Teng
1822526

Aufgabe 1

$$U_e = 18 \mu V$$

$$Z = 200 \Omega$$

$$T = 290 K$$

$$V = 40 dB$$

$$SNR_a = 18 dB$$

$$R = 75 \Omega$$

SS	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLH
FSR - Klausurensammlung 4/11			

$$a) \text{ SNR}_{Re} = \frac{P_s}{P_r} = \frac{U_e^2}{R \cdot k \cdot B \cdot T} = \frac{(18 \mu V)^2}{75 \Omega \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ W/K} \cdot 200 \Omega \cdot 290 K}$$

$$= 5394,76$$

$$SNR_{dB} = 10 \lg SNR = 37,3 \text{ dB}$$

$$10(10) \quad F_{dB} = SNR_{e,dB} - SNR_{a,dB}$$

$$= 37,3 \text{ dB} - 18 \text{ dB} = 19,3 \text{ dB}$$

$$F_{dB} = 10 \lg F$$

$$\Rightarrow F = 10^{\frac{F_{dB}}{10}}$$

$$F = 25,11 = 10^{1,93}$$

$$b) \quad SNR_a = 6,02 \text{ dB}$$

$$F = SNR_e - SNR_a$$

$$SNR_{e,dB} = F_{dB} + SNR_{a,dB} = 19,3 \text{ dB} + 6,02 \text{ dB} = 25,32 \text{ dB}$$

$$SNR_e = 10^{\frac{SNR_{e,dB}}{10}} = 10^{2,532} = 340,41$$

$$SNR_e = \frac{P_e}{P_r} = \frac{U_e^2}{R \cdot k \cdot B \cdot T}$$

$$\Rightarrow U_e = \sqrt{SNR_e \cdot R \cdot k \cdot B \cdot T} = 4,52 \mu V$$

Da $R_G = R_e$ von Empfängern wenn U_G doppelt so groß sein

$$U_G = 2 U_e = 9,04 \mu V$$

Aufgabe 2)

Benjamin Tenz

SS / WS 07/08	Semester E 4	Fach GU	Dozent VLH
FSR - Klausurensammlung 5/11			

$$l = 100m$$

Aus der Zeichnung folgt: - Einlaufende Welle hat eine Dämpfung
- Wie lautet die Wellenlänge für Hin und Zurück?

a) Das Verhältnis von R_0 / Z_0 müsste ein Spannungsverhältnis sein!

$$\frac{R_0}{Z_0} = \frac{U_1 - U_2}{U_0 - U_1 - U_2}$$

b) $r = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{U_R}{U_H}$ Idee ✓

$$\Rightarrow \frac{0 - Z_0}{0 + Z_0} = A = \frac{U_R}{U_H}$$

$$\frac{250 - Z_0}{250 + Z_0} = \frac{U_R}{U_H}$$

$$U_R = r \cdot U_H$$

$$U_R = U_H e^{-\alpha l}$$

$$\frac{U_R}{U_H} = e^{-\alpha l} \Rightarrow \frac{U_H}{U_R} = e^{\alpha l}$$

$$\ln \frac{U_H}{U_R} / l = \alpha \Rightarrow \alpha = \ln \frac{1}{0.2} / 100m = 6.93 \cdot 10^{-3} \frac{1}{m}$$

$$\alpha = \frac{R'}{2|Z_0|}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

$$V_{PH} = \frac{100m}{95ns} = 200 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$$

$$L' = \frac{|Z_0|}{V_{PH}}$$

Aufgabe 2)

Seite

c) Bei $R_1 = Z_0$ liegt die halbe U_0 an der Leitung an B f

$$\begin{aligned} \gamma &= \alpha + j\beta \\ \beta &= \omega \sqrt{L'C'} \end{aligned}$$

$$\cancel{\gamma = \ln \frac{1}{1 - \frac{Z_0}{Z_0}} \Rightarrow}$$

$$\cancel{\gamma = \ln \frac{1}{1 - 1} \Rightarrow}$$

$$\cancel{\gamma = \ln \frac{1}{0} \Rightarrow}$$

Keine Zeit mehr!

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

31.01.07

Aufgabe 3)

Benjamin Tany
1822574

Aus dem Skript gilt die Übertragungsfunktion:

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

$$Y_2 = \frac{1}{R}$$

$$Y = \frac{1}{Z}$$

$$Y_4 = j\omega C$$

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

Daraus folgt:

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{-(j\omega C_1)(j\omega C_3)}{1/R_5 (j\omega C_1 + 1/R_2 + j\omega C_3 + j\omega C_4) + j\omega C_2 \cdot j\omega C_4}$$

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

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

10/10

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

b)

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

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 Taus
1827536

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

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

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

$$R_5 = \frac{1}{(2\pi \cdot 1242)^2 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \text{ F} \cdot 231,35 \cdot 10^{-9} \text{ F} \cdot 400 \Omega}$$

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

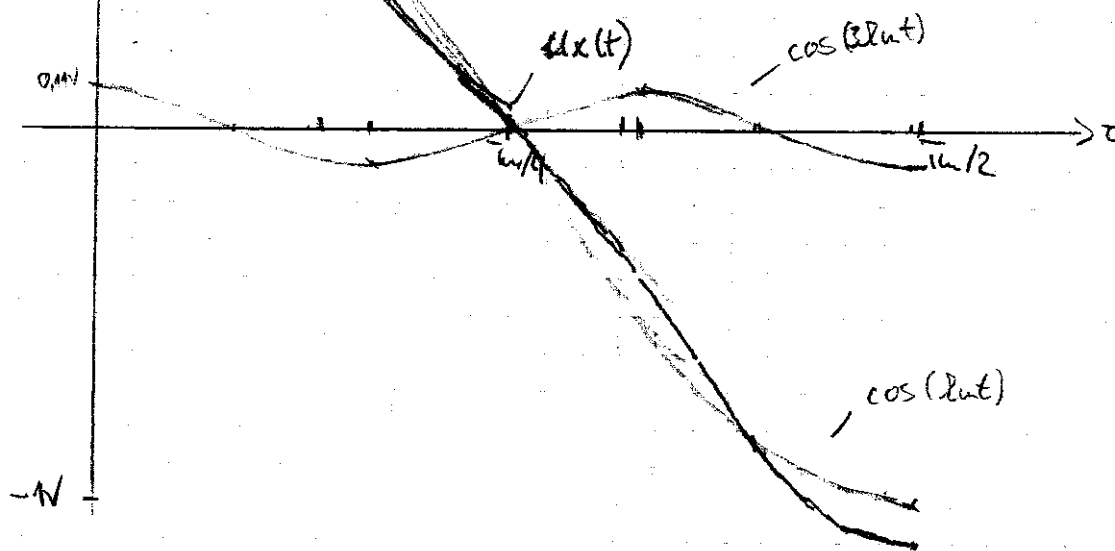
SS	WS	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLM	
FSR - Klausurensammlung 8/11				

a) Skizze der ersten beiden Cosinus-Themen.

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

SS (WS)	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLM
FSR - Klausurensammlung 9/11			

4/4



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

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

(Aus der Zeichnung raus)

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

Einzelne Transformationen der Cosinuste.

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

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

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

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

4/4

31.01.08

Benjamin To
1821576

Aufgabe 4)

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

$$= K \hat{u}_m [\cos(\beta_m t) + 0,11 \cos(3\beta_m t) + 0,04 \cos(5\beta_m t)] \cdot \hat{u}_r \cos(\beta_r t)$$

SS	WS	Semester	Fach	Dozent
07/08		E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 10/11

$$u_c(t) = K \hat{u}_m \hat{u}_r [\cos(\beta_m t) \cos(\beta_r t) + 0,11 \cos(3\beta_m t) \cos(\beta_r t) + 0,04 \cos(5\beta_m t) \cos(\beta_r t)]$$

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

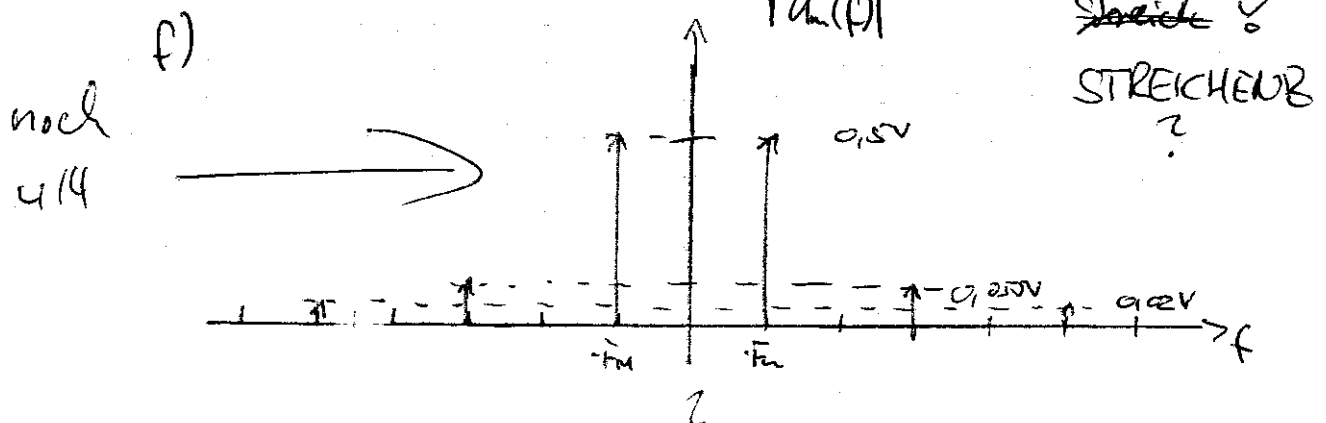
$$= u_c(t) = \frac{1}{4} V [\cos 999842 t + \cos 1001442 t + 0,11 \cos 997246 t + 0,11 \cos 1003842 t + 0,04 \cos 995246 t + 0,04 \cos 1005842 t]$$

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

$$P = \frac{\hat{u}^2}{2R} = \frac{\hat{u}^2}{2 \cdot 50 \Omega} = \underline{\hspace{2cm}} \uparrow$$

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



31.01.08

Aufgabe 4)

Benjamin Tungs
1322536

g) In R ungespekte Leistung, müsste die
Summe aller Leistung aus e) sein

2/2

$$P_{\text{ges}} = 2(5 \cdot 10^{-3} \text{ W} + 2 \cdot (0,5 \cdot 10^{-5} \text{ W} + 8 \cdot 10^{-6} \text{ W}))$$

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

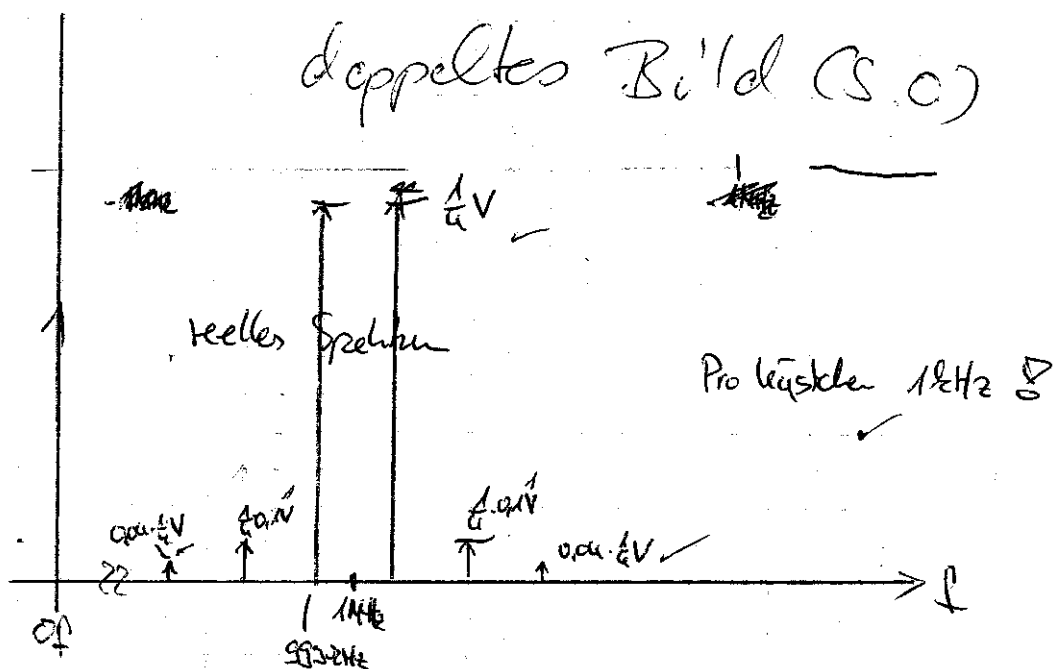
f

Punkte f)

S.O.



doppeltes Bild (S.O.)



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