

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 28.01.2013

BITTE UNBEDINGT LESEN:

Für die Beantwortung der 10 Theoriefragen dürfen Sie keine Hilfsmittel verwenden! Sobald Sie damit fertig sind, geben Sie den Theorieteil der Prüfung ab und Sie erhalten die Rechenaufgaben! Für die Lösung der Rechenbeispiele dürfen Sie nur jene Formelsammlung, die der Prüfung beiliegt (und nach der Prüfung wieder abzugeben ist), verwenden. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt!

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie das Deckblatt oder zusätzliches Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		20
3		20
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?

1.2 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

1.3 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?

1.4 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Datenübertragung über Wellenleitern!

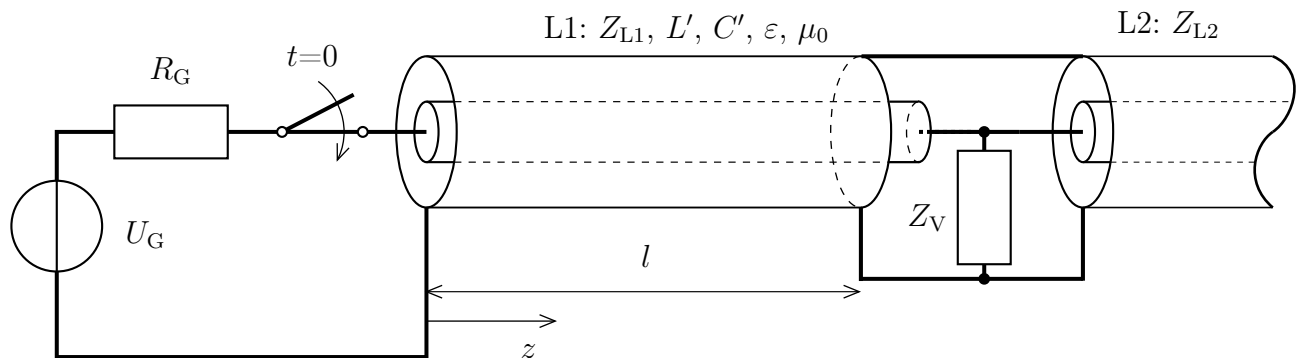
1.5 (2%) Was beschreibt der Imaginärteil der Wellenzahl k_z bei einer sich in z -Richtung ausbreitenden Welle?

- 1.6 (2%) Was gibt das Stehwellenverhältnis an, und wo wird es verwendet?
- 1.7 (2%) Was gibt der Radarstreuquerschnitt eines Objekts an? Erläutern Sie das zu Grunde liegende Konzept hinsichtlich der äquivalenten Abstrahlung.
- 1.8 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?
- 1.9 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!
- 1.10 (2%) Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!

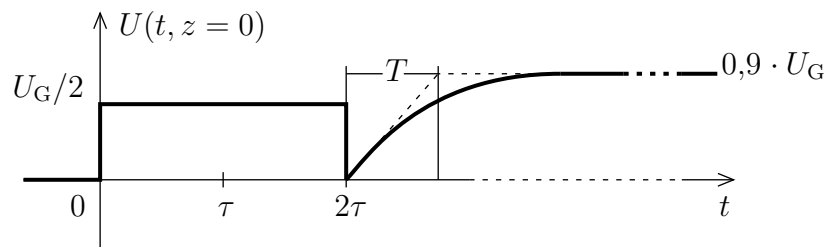
2 Messung am Koaxialkabel (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Ein verzerrungsfreies, näherungsweise verlustloses Koaxialkabel L1 mit dem Wellenwiderstand Z_{L1} , der Länge $l = 50$ m und dem Innenleiterradius $r_i = 1,5$ mm wird mit einem Generator mit Innenwiderstand $R_G = 75 \Omega$ verbunden. Am anderen Ende wird ein näherungsweise unendlich ausgedehntes zweites Koaxialkabel L2 mit dem reellen Wellenwiderstand Z_{L2} angeschlossen. Die Verbindungsstelle ist nicht perfekt und enthält die parasitäre rein kapazitive Parallelimpedanz Z_V .



Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Generator eingeschaltet. Am Eingang der Koaxialleitung (bei $z = 0$) wird folgender Spannungsverlauf gemessen. Dabei entspricht $\tau = 225$ ns der einfachen Laufzeit auf dem Koaxialkabel.



Hinweis: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$, $\epsilon_0 = 8,8541 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$

2.1 (3%) Berechnen Sie den Leitungswellenwiderstand Z_{L1} des Koaxialkabels L1!

2.2 (3%) Berechnen Sie den Wellenwiderstand Z_{L2} des Koaxialkabels L2!

2.3 (5%) Berechnen Sie der Verbindungsimpedanz Z_V zugrunde liegende Kapazität C_V , wenn die Zeit $T = 5 \text{ ns}$ beträgt

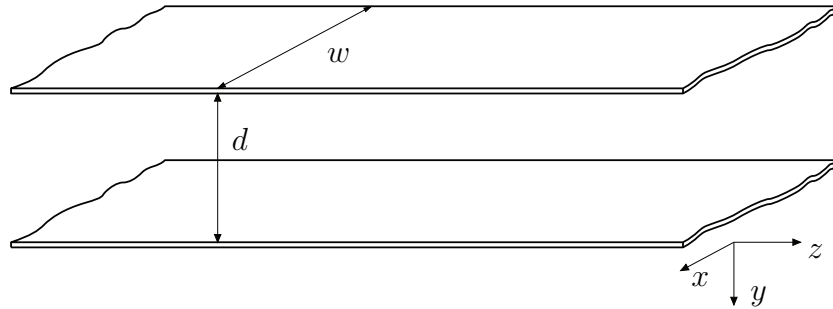
2.4 (3%) Berechnen Sie die Gruppengeschwindigkeit v_G auf der Leitung L1!

2.5 (6%) Berechnen Sie ε_r des Mediums und bestimmen Sie damit den Außenradius r_a des Koaxialkabels L1!

3 Dämpfungsbelag der Parallelplattenleitung (20%)

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit des TEM Modus in z -Richtung auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $\varepsilon_r = 2,5$) untersucht werden.

Hinweis: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$, $\varepsilon_0 = 8,8541 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$



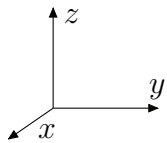
- 3.1 (4%) Berechnen Sie die Komponenten des gefragten Modus, finden Sie einen Ansatz der die Wellengleichung erfüllt, ermitteln Sie die Separationsbedingungen. Passen Sie Ihren Ansatz an die Randbedingungen an! Verwenden Sie dabei die Näherung $w \gg d$. Welche Komponenten verschwinden?
- 3.2 (5%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand, den Leitungswellenwiderstand und die Grenzfrequenz des gefragten Modus für $w = 10 \text{ mm}$, $d = 0,5 \text{ mm}$! Geben Sie alle zur Berechnung notwendigen Schritte an und leiten Sie im Besonderen den Leitungswellenwiderstand mit Hilfe der Netzwerktheorie her!
- 3.3 (8%) Berechnen Sie mittels der Power Loss Method den Dämpfungskoeffizienten für den gefragten Modus in dB/m. Das Metall sei durch $\sigma_{\text{Cu}} = 57 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ charakterisiert, die Frequenz sei 12 GHz. Geben Sie alle zur Berechnung notwendigen Schritte an!
- 3.4 (3%) Zeichnen Sie die tatsächlichen Feldbilder ohne Verwendung der Näherung $w \gg d$ in zwei Ansichten! Welche Wellentypen sind prinzipiell auf dieser Leitung ausbreitungsfähig?

4 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} |\sin(\vartheta) \cos(\varphi)| & \text{für } 0 \leq \varphi < \frac{\pi}{2} \text{ und } \frac{3\pi}{2} \leq \varphi < 2\pi \\ |\frac{1}{2} \sin(\vartheta) \cos(3\varphi)| & \text{sonst} \end{cases}$$

- 4.1 (7%)** Skizzieren Sie das Richtdiagramm in horizontaler (x/y) und vertikaler (x/z) Ebene! Zeichnen Sie ϑ und φ in Ihren Skizzen und dem abgebildeten Koordinatensystem ein.



- 4.2 (8%)** Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!

Hinweis: $\int \sin^3(ax) \, dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + \frac{1}{3a} \cos^3(ax)$ und $\int \cos^2(ax) \, dx = \frac{1}{2}x + \frac{1}{4a} \sin(2ax)$

- 4.3 (5%)** Berechnen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler und über dem Hertz'schen Dipol!

5 Militärisches Primärradar (20%)

Ein militärisches monostatisches Primär-Radar soll zur Detektion von Flugzeugen bis zu einer Flughöhe von 15000 m verwendet werden. An den Sender mit einer Sendeleistung P_{s1} von 53 dBW bei $f_1 = 14$ GHz ist eine Antenne mit einem Gewinn G_{s1} von 30 dBi angeschlossen. Ein Flugzeug vom Typ B-52 hat einen Radarquerschnitt von $\sigma = 100$ m². Der Empfänger des Primär-Radars habe eine äquivalente Rauschtemperatur $T_1 = 320$ K und eine Bandbreite $\Delta f_1 = 100$ MHz.

Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ Ws/K

- 5.1 (12%) Berechnen Sie die maximale horizontale Reichweite über Grund d_{\max} des Radars bei maximaler Flughöhe, wenn ein minimales SNR von 15 dB erreicht werden soll. Fertigen Sie zuerst eine Skizze des Sachverhalts an!**

- 5.2 (3%) Das Tarnkappenflugzeug B-2 hat einen Radarquerschnitt von $0,1 \text{ m}^2$. Welche Sendeleistung ist nötig, um die gleiche Reichweite wie bei der Detektion der B-52 zu erreichen?
- 5.3 (3%) Um den B-52 Bomber vor feindlichem Feuer zu schützen, wurden Drohnen wie die McDonnell ADM-20 Quail entwickelt, die den gleichen Radarquerschnitt wie die B-52 aufweisen, aber in großen Stückzahlen eingesetzt, das feindliche Radar vom richtigen Ziel ablenken. Welche Rumpfquerschnittsfläche muss eine solche mit einem Retroreflektor bestückte Drohne mindestens aufweisen, um frontal einen Radarquerschnitt von $\sigma = 100 \text{ m}^2$ erzeugen zu können?
- 5.4 (2%) Neue Drohnen verwenden statt passiver Retroreflektoren Antennen und HF-Verstärker um einen gewissen Radarquerschnitt zu erzeugen. Welche Vorteile ergeben sich hierdurch verglichen zu einem passiven Reflektor, neben der potentiellen Einsparung an Fläche?