

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 20.03.2012

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%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!

1.2 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Blindleistungsflussdichte?

1.3 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

1.4 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?

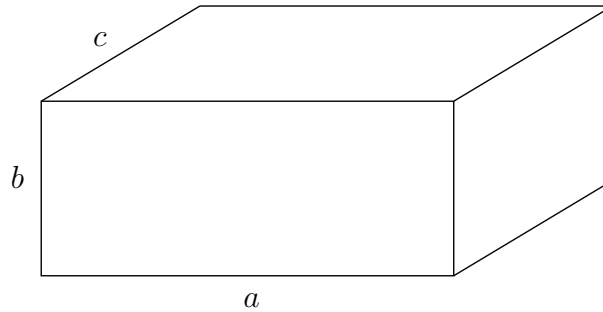
1.5 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

- 1.6 (2%) Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!
- 1.7 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.8 (2%) Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!
- 1.9 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!
- 1.10 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!

2 Hohlraumresonator (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Berechnen Sie den Grundmodus TE_{101} eines luftgefüllten ($\varepsilon_r = 1$) Hohlraumresonators (Abmessungen: $a = 3 \text{ cm}$, $b = 1 \text{ cm}$, $c = 3 \text{ cm}$) mit $\mathbb{R}_M = 300 \text{ m}\Omega$.



2.1 (5%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz!

2.2 (5%) Berechnen Sie die unbelastete Güte! Vereinfachen Sie zuerst die Formel unter der Berücksichtigung $a = c$! Setzen Sie dann Zahlenwerte ein!

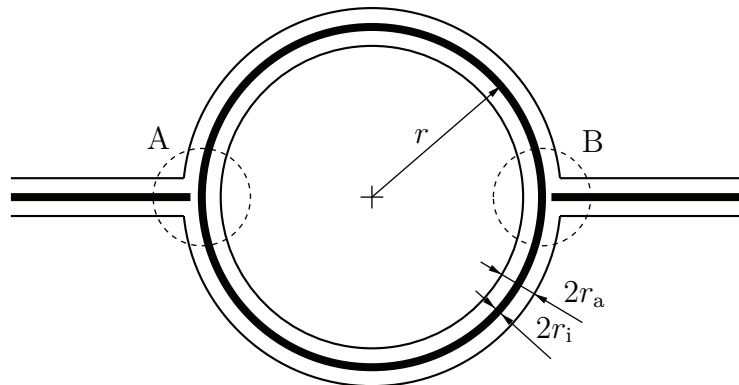
2.3 (3%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die unbelastete Güte, wenn der Hohlraumresonator mit einem verlustlosen Dielektrikum $\varepsilon_r = 2,5$ gefüllt ist!

2.4 (4%) Adaptieren Sie die Abmessungen des Resonators, um trotz Verwendung des Dielektrikums wieder die ursprüngliche Resonanzfrequenz zu erhalten. Ändern Sie dabei all jene Abmessungen in gleichem Maße, die einen Einfluss auf die Resonanzfrequenz haben!

2.5 (3%) Welche unbelastete Güte ergibt sich für diesen verkleinerten Resonator?

3 Dimensionierung eines Resonators (20%)

Ein Stück Koaxialkabel mit $Z_L = 75 \Omega$ wird zu einem Ring-Resonator mit mittlerem Radius $r = 4 \text{ cm}$ verbunden. An einer Stelle A wird Leistung eingekoppelt, gegenüber, an der Stelle B, wird Leistung entnommen. Die genaue Anbindung der Zu- und Ableitung, sowie die konkrete Leistung sind zu vernachlässigen. Das Koaxialkabel hat einen Außenradius $r_a = 7 \text{ mm}$ und einen Innenradius r_i . Das Dielektrikum hat $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ und $\mu = \mu_0$.



3.1 (10%) Dimensionieren Sie die fehlenden Parameter der Koaxialleitung ε_r und r_i so, dass der Resonator für $f_{\text{Res}} = 1 \text{ GHz}$ resonant ist.

3.2 (10%) Vor dem Verbinden des Kabels zu einem Ring wurde eine Dämpfung von $a_G = 0,15 \text{ dB}$ gemessen. Ohmsche Verluste a_R sind zu vernachlässigen. Berechnen Sie die Güte Q des Resonators aufgrund der dielektrischen Verluste α_G .

4 Mars Odyssey Radar (20%)

Um für die Marssonde „Phoenix“ geeignete Landeplätze zu erkunden, wurden 2005 mit der den Mars umkreisenden Raumsonde „Odyssey“ Radar-Bilder der Marsoberfläche erzeugt. Die Messungen wurden bi-statisch durchgeführt: Als Sendestation fungierte das Stanford Research Institute in Kalifornien mit einer Parabolantenne mit 46 m Durchmesser, einem Wirkungsgrad $w = 54\%$ und einer Sendeleistung P_S von 30 kW.

Die Raumsonde „Odyssey“ überfliegt den Mars in einer Flughöhe von $h = 400$ km und ist mit einer Empfangsantenne mit einem Gewinn von 4,8 dBi ausgerüstet, die Empfängerrauschtemperatur beträgt $T = 500$ K, wobei ein Empfangsfilter mit 28 kHz Bandbreite eingesetzt wird. In der betrachteten Zeit betrug die Distanz Erde–Mars etwa $75 \cdot 10^9$ m

Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ Ws/K, Angaben aus Gunnarsdottir et al.¹

4.1 (3%) Skizzieren Sie den Sachverhalt auf dem Mars und tragen Sie alle relevanten Daten ein! Nehmen Sie dabei an, dass sich Erde, „Odyssey“ und Mars auf einer Linie befinden.

4.2 (5%) Berechnen Sie die Strahlungsleistungsdichte T_e auf der Marsoberfläche die durch den Sender in Kalifornien erzeugt wird.

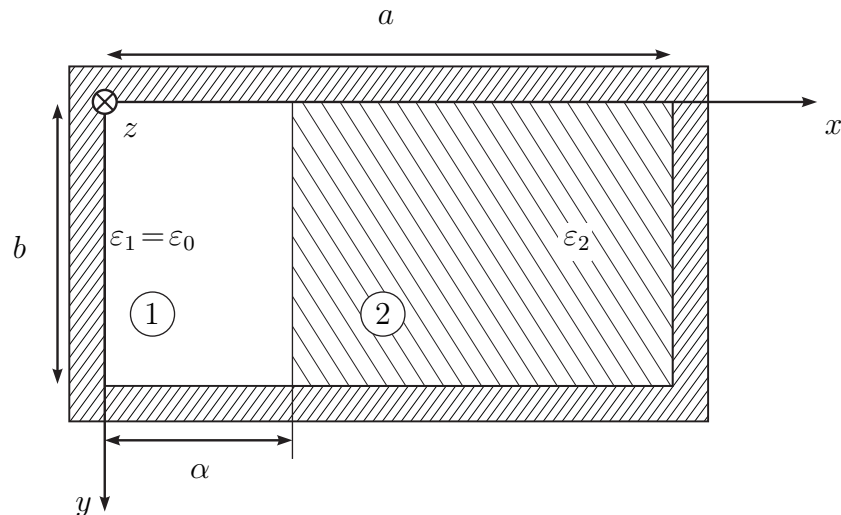
¹H. M. Gunnarsdottir, I. R. Linscott, J. L. Callas, M. D. Cousins, R. A. Simpson, and G. L. Tyler, “Root-mean-square surface slopes of Phoenix landing sites with 75-cm bistatic radar received by Mars Odyssey,” *J. Geophys. Res. (Planets)*, vol. 113, no. E12, Jun. 2008

4.3 (7%) Berechnen Sie die differentielle Empfangsleistung dP_r bei der Sonde, die durch ein Flächenelement dA des Marsbodens mit dem flächenbezogenen Streuquerschnitt $\hat{\sigma} = 3,4 \cdot 10^6$ entsteht.

4.4 (5%) Wie groß ist die Fläche an Marsboden die zu Empfangsleistung beiträgt, damit sich ein SNR von 10 dB ergibt?

5 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (20%)

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz. $\mu = \mu_0$



- 5.1 (6%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 5.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 5.3 (6%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung!
- 5.4 (4%) Skizzieren Sie das Feldbild längs (x/z und y/z) und quer (x/y) zur Ausbreitungsrichtung eines Rechteckhohlleiters ohne zusätzlichen Kunststoffeinsatz im TE_{11} Modus!