

# Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 20. 2. 2008

## 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.*

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

*ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!*

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		20
3		20
4		25
5		15
$\Sigma$		100

# 1 Theoriefragen (20%)

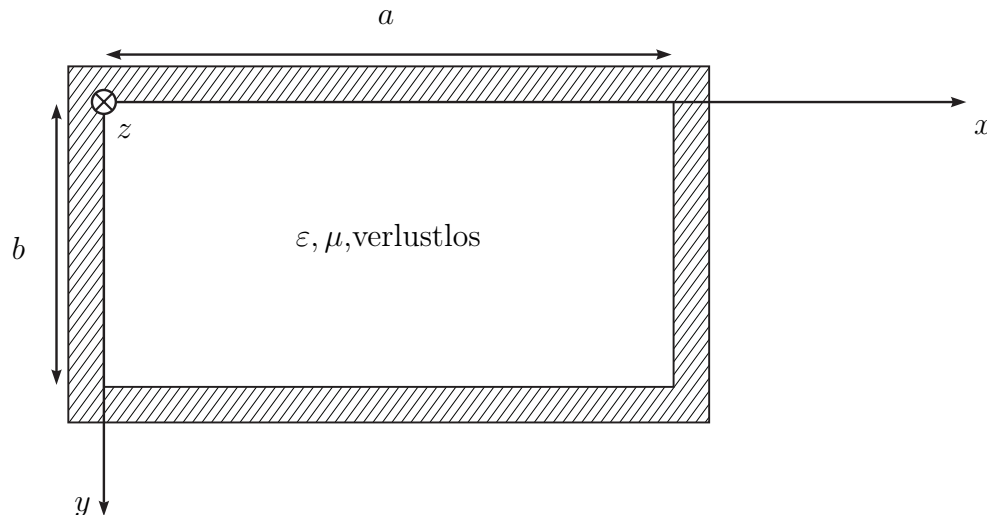
- 1.1 (2%) Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit  $\tau_D$  angegeben und wie gross ist diese näherungsweise bei Kupfer?
- 1.2 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?
- 1.3 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!
- 1.4 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?
- 1.5 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für  $\vec{E}$  und  $\vec{H}$  in einem Koaxialkabel!

- 1.6 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad  $w = 1$ ?
- 1.7 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?
- 1.8 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!
- 1.9 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.10 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?

## 2 Rechteckhohlleiter (20%)

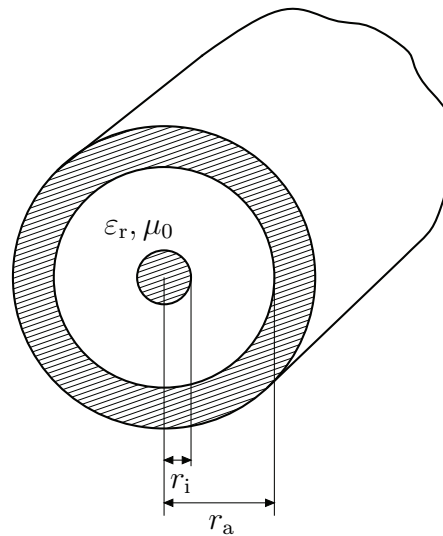
Name/Mat. Nr.: \_\_\_\_\_

Untersuchen Sie die Ausbreitung von  $TE_{m,n}$  Wellen in  $z$  Richtung im skizzierten Rechteckhohlleiter.



- 2.1 (6%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten der gewünschten Moden in Ausbreitungsrichtung, der die Wellengleichung erfüllt. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen.
- 2.2 (5%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her und passen Sie an den Rand an! Welche verschwinden?
- 2.3 (3%) Berechnen Sie die Hohlleiterwellenlängen, die Grenzwellenlängen und die Grenzfrequenzen aller gefragter Moden als Funktion von  $m$  und  $n$ ! Ist ein TEM Modus ausbreitungsfähig? Wieso? Wenn ja, welche Grenzwellenlänge bzw. Feldwellenwiderstand hat er?
- 2.4 (6%) Berechnen und skizzieren Sie das Dispersionsdiagramm für die  $TE_{10}$ ,  $TE_{11}$ ,  $TE_{20}$  Moden für  $a = 4 \text{ cm}$ ,  $b = 2 \text{ cm}$ ,  $\epsilon_r = 4$ ,  $\mu_r = 1$ ,  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$ ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$ . Achten Sie auf die Beschriftung! Geben Sie die Grenzfrequenzen an! In welchem Frequenzbereich ist nur ein einziger Modus ausbreitungsfähig? Welcher?

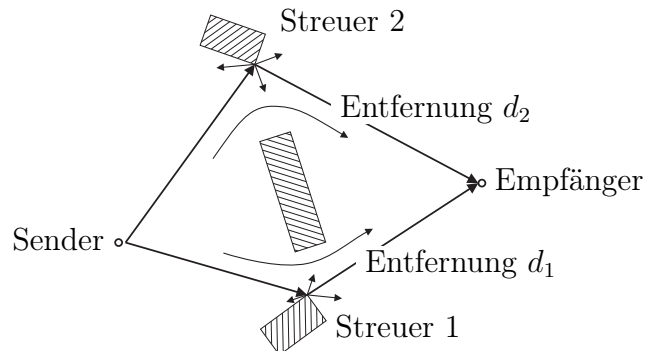
### 3 Koaxialkabel (20%)



- 3.1** (7%) Bestimmen Sie einen geeigneten Innenradius  $r_i$  des abgebildeten Koaxialkabels für  $Z_L = 50 \Omega$ . Der Außenradius sei  $r_a = 7,3 \text{ mm}$ , das verwendete Dielektrikum habe  $\epsilon_r = 2,35$ .
- 3.2** (7%) Berechnen Sie die ohmschen Verluste  $\alpha_R$  des Kabels für eine Leitfähigkeit des Innen- bzw. Außenleiters von  $\sigma = 5,7 \cdot 10^7 \text{ S/m}$  bei 8 GHz in dB/m.
- 3.3** (6%) Berechnen Sie die dielektrischen Verluste  $\alpha_G$  des Kabels für ein Dielektrikum mit  $\tan \delta = 0,001$  in dB/m.

## 4 Zeitinvariante Zweiwegeausbreitung (25%)

Zwei gleich starke Strahlen, die von einer omnidirektionalen Sendeantenne (Isotropstrahler) ausgehen, werden an der Empfangsantenne superponiert. Der Weg des zweiten Strahles  $d_2$  ist um 25% länger als  $d_1 = 1800$  m. Die Feldstärke des ersten Strahles am Empfänger sei  $E_0$ . Anmerkung: Nehmen Sie die Streuer als ideal reflektierend an!



- 4.1 (2%) Berechnen Sie die Laufzeiten beider Strahlen!
- 4.2 (2%) Wie groß ist die Feldstärke des zweiten Strahles (relativ zum ersten Strahl) am Empfänger?
- 4.3 (10%) Berechnen Sie die Gesamtfeldstärke am Empfänger!
- 4.4 (11%) Berechnen und zeichnen Sie (in dB, bezogen auf  $E_0$ ) den Verlauf des Betrages der Gesamtfeldstärke am Empfänger als Funktion der Frequenz im Bereich von 850 bis 855 MHz!

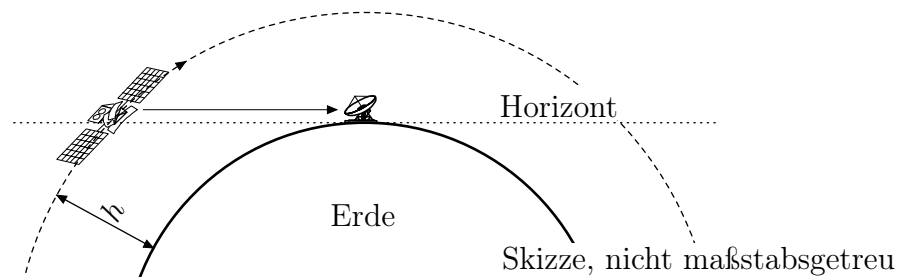
## 5 Satellitenfunk (15%)

Der Satellit MOST fliegt in einer erdnahen Umlaufbahn in  $h = 820$  km Höhe um die Erde (Erdradius  $r = 6370$  km). Er sendet bei  $f = 2232$  MHz mit einer Sendeleistung von  $P_s = 0,5$  W bei einer Bandbreite von  $\Delta f = 78$  kHz und seine Antenne hat einen Gewinn von 0 dBi. Zwischen Sender und Antenne befinden sich Kabel mit 2 dB Verlusten.

Die Bodenstation in Wien verwendet einen Parabolspiegel mit einem Gewinn von 35 dBi der dem Satelliten bei seinem Überflug folgt und der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von  $115$  °K.

Nehmen Sie zusätzliche Dämpfungen von 0,8 dB durch die Atmosphäre, 3 dB aufgrund von Polarisationsverlusten sowie 1,2 dB aufgrund mechanischer Toleranzen bei der Ausrichtung der Antenne an.

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



- 5.1 (10%) Berechnen Sie das SNR (in dB) für den Fall, dass sich der Satellit genau am Horizont befindet.
- 5.2 (5%) Um wieviel dB verbessert sich das SNR wenn sich der Satellit genau über Wien befindet?