

# Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 20. 11. 2006

## 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 Angabeblättern! 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%) Nennen Sie je 2 Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!

1.2 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten  $x, y, z$  abhängige Wellenfunktion aus?

1.3 (2%) Was verstehen Sie unter dem Grundmodus eines Hohlwellenleiters?

1.4 (2%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?

1.5 (2%) Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?

**1.6 (2%) Welche Richtcharakteristik und welchen Gewinn hat ein Hertz'scher Dipol?**

**1.7 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!**

**1.8 (2%) Schreiben Sie zwei Gewinndefinitionen an! Erklären Sie die verwendeten Größen!**

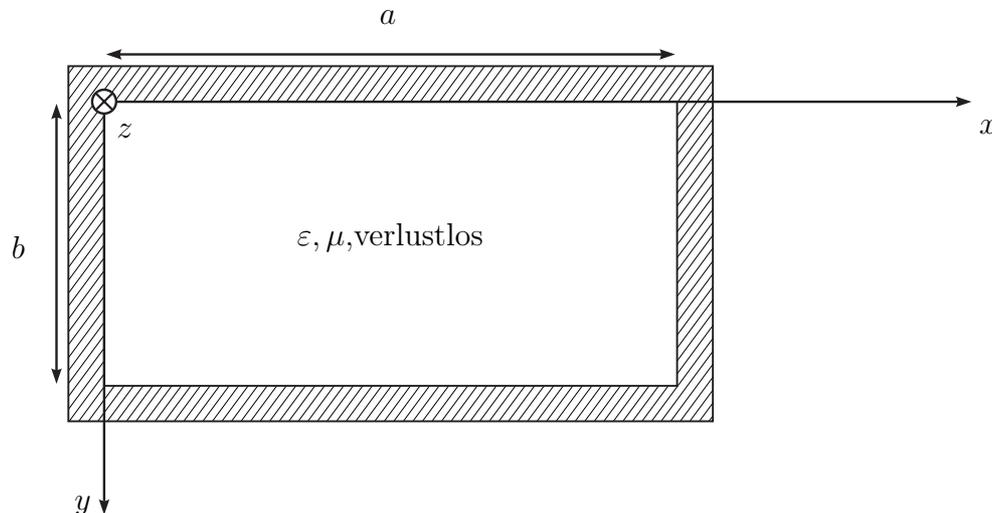
**1.9 (2%) Nennen Sie 2 schmalbandige Antennen!**

**1.10 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?**

## 2 Rechteckhohlleiter (20%)

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

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

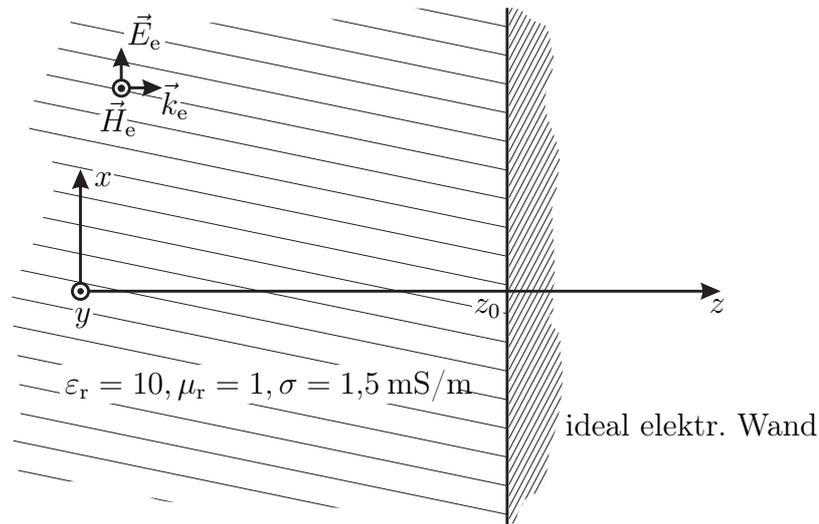


- 2.1 (7%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten des gewünschten Modus in Ausbreitungsrichtung, der die Wellengleichung erfüllt. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an.
- 2.2 (5%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her! Welche verschwinden?
- 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 (5%) 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 Stehende Welle im verlustbehafteten Medium (20%)

Eine sich im verlustbehafteten Medium (z.B.: trockener Erdboden) ausbreitende ebene Welle mit  $f = 22$  MHz wird von einer auf die Ausbreitungsrichtung senkrecht stehenden metallischen Wand mit unendlicher Leitfähigkeit reflektiert (siehe Abbildung). Die Amplitude der einfallenden Welle bei  $z = 0$  beträgt  $10$  V/m.

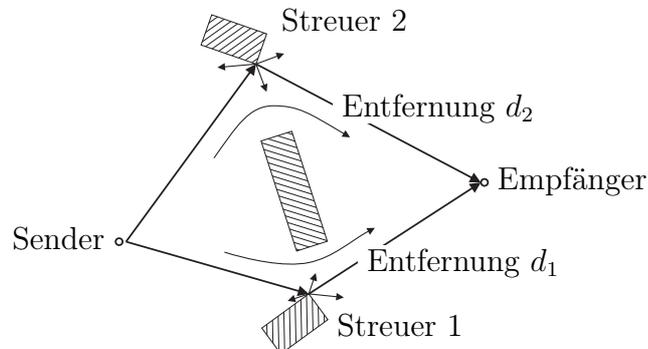
Hinweis:  $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$  As/Vm,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Vs/Am.



- 3.1 (1%) Wie groß ist die Phasengeschwindigkeit  $v_p$ ?
- 3.2 (5%) Setzen Sie die einfallende Welle an ( $\vec{E}_e$  und  $\vec{H}_e$ ) und berechnen Sie die Wellenzahl  $k_e$ . Wie groß ist die Dämpfung in dB/m?
- 3.3 (2%) Berechnen Sie die komplexe Amplitude und den zeitlichen Verlauf der einfallenden Welle am Ort der metallischen Wand  $z_0 = 5$  m!
- 3.4 (6%) Finden Sie einen Ansatz für die reflektierte Welle ( $\vec{E}_r$  und  $\vec{H}_r$ )! Wie muss der zeitliche Verlauf der reflektierten Welle aussehen, damit die Randbedingungen erfüllt sind?
- 3.5 (6%) Berechnen Sie die Hüllkurve des Gesamtfeldes!

## 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 20% länger als  $d_1 = 1500$  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 900 bis 905 MHz!

## 5 Pegelplan (15%)

Über ein Mobilfunksystem sind folgende Parameter bekannt: Betriebsfrequenz 2,1 GHz, Bandbreite 5 MHz, Zusatzrauschen des Empfängers 5 dB, minimal erforderliches SNR am Demodulator des Empfängers 13 dB, Gewinn der Empfangsantenne  $-8$  dBi, Gewinn der Sendeantenne 16 dBi.

Hinweise: Boltzmannkonstante  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Ws/K, Bezugstemperatur  $T_0 = 290$  K.  
Vernachlässigen Sie Verluste in Kabeln.

**5.1 (5%) Erstellen Sie einen tabellarischen Pegelplan in dB!**

**5.2 (5%) Ermitteln Sie die Ausbreitungsdämpfung und die entsprechende Entfernung für eine Sendeleistung von 0 dBm!**

**5.3 (5%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (Handskizze, muss nicht masstäblich sein)!**