

# Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 18. 1. 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 mitzuteilen, es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!*

Name:	Mat. Nr.:	
Punkte	%	von %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
$\Sigma$		

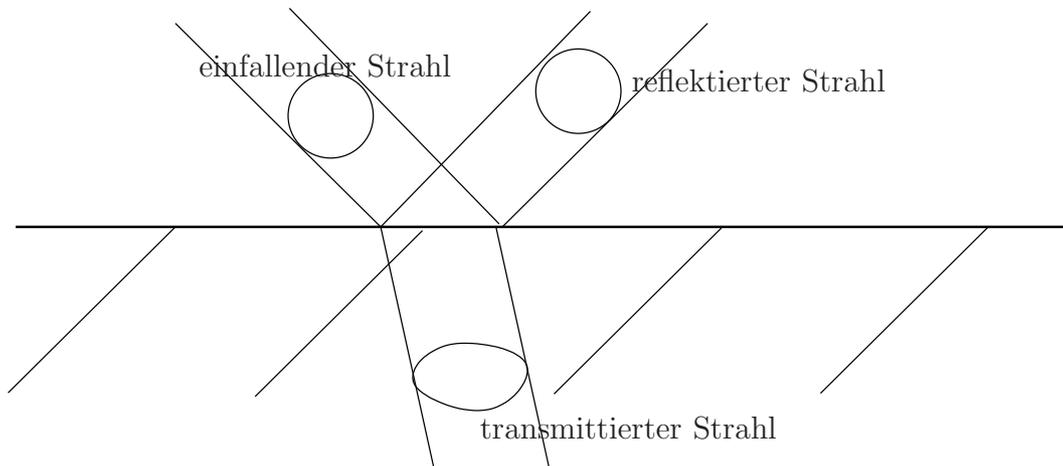
# 1 Theoriefragen (20%)

- 1.1 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?
- 1.2 (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?
- 1.3 (2%) Schreiben Sie die 4 Maxwellschen Gleichungen für harmonische Vorgänge in komplexer Schreibweise an! Es sei Ladungsfreiheit angenommen.
- 1.4 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?
- 1.5 (2%) Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz eindimensionalen homogenen Wellengleichung?

- 1.6** (2%) Geben Sie den Leitungswellenwiderstand  $Z_{PV}$  der Parallelplattenleitung an! Erklären Sie alle Grössen und nennen Sie deren Einheiten!
- 1.7** (2%) Geben Sie die Formel für die Eindringtiefe in einen Quasileiter an! Erklären Sie alle Grössen und nennen Sie deren Einheiten!
- 1.8** (2%) Eine TM Welle möge auf eine Grenzschicht zwischen Vakuum ( $n_1 = 1.0$ ) und Fensterglas ( $n_2 = 1.5$ ) auftreffen. Geben Sie den Brewsterwinkel im Vakuum und im Glas an!
- 1.9** (2%) Wie hängen in einem Rechteckhohlleiter die Phasengeschwindigkeit  $v_P$  und die Gruppengeschwindigkeit  $v_G$  von der Grenzwellenlänge ab?
- 1.10** (2%) Geben Sie zwei praxisgerechte Verfahren für die Bestimmung des Antennengewinnes an (Skizze). Welche Länge muss das für die Messung verwendete Funkfeld haben?

## 2 Zirkular polarisierte Welle (10%)

Eine zirkular polarisierte Welle mit einem Querschnitt von  $A = 2\text{mm}^2$  und mit der Leistung von  $P = 1\text{mW}$  wird unter dem Winkel  $\theta_e = 40^\circ$  auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ( $n_1 = 1$ ) und Glas ( $n_2 = 1,5$ ) eingestrahlt.

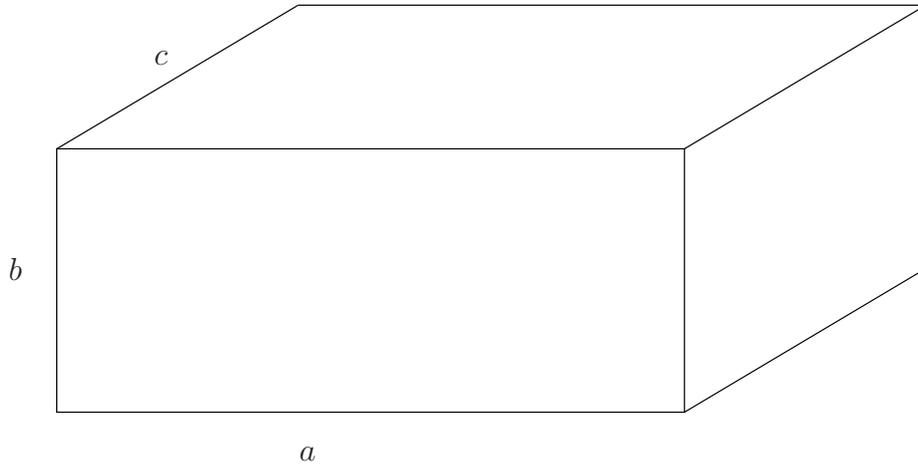


**2.1 (5%) Berechnen Sie die TE und TM-Anteile ( $E$  und  $H$ ) der reflektierten und der transmittierten Welle! Berechnen Sie Einfallswinkel, Reflexionswinkel und Austrittswinkel und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!**

**2.2 (5%) Berechnen Sie die Elliptizität in dB der reflektierten und der transmittierten Welle!**

### 3 Hohlraumresonator (10%)

Betrachten Sie den Grundmodus  $TE_{101}$  eines luftgefüllten  $\epsilon_r = 1$  Hohlraumresonators (Querschnitt:  $a = 2\text{cm}$ ,  $b = 1\text{cm}$ , Länge:  $c = 2\text{cm}$ ),  $\mathbb{R}_M = 26\text{m}\Omega$ .



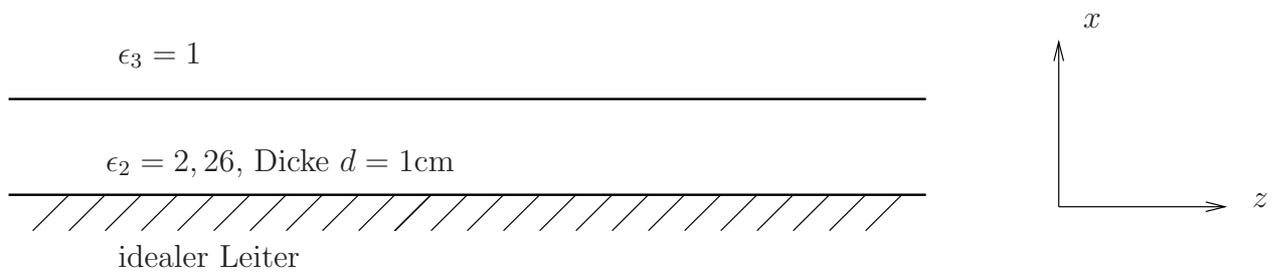
**3.1** (4%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz!

**3.2** (4%) Berechnen Sie die unbelastete Güte! Vereinfachen Sie die Formel unter der Berücksichtigung  $a = c$ !

**3.3** (2%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die unbelastete Güte, wenn der Hohlraumresonator mit einem verlustlosen Dielektrikum  $\epsilon_r = 2,3$  gefüllt ist!

## 4 Dielektrischer Wellenleiter (20%)

Gegeben sei ein dielektrischer Wellenleiter der Dicke  $d = 1\text{cm}$  mit einer relativen Permittivität von  $\epsilon_2 = 2,26$ . Oberhalb des Wellenleiters befinde sich Luft ( $\epsilon_3 = 1$ ), unterhalb ein idealer Leiter. Es breite sich eine Welle in  $z$ -Richtung aus!



**4.1 (5%) Finden Sie den minimalen Ansatz für TE-Wellen! Benennen Sie alle Terme!**

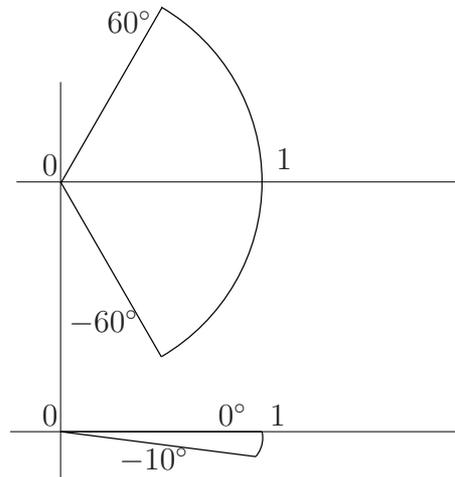
**4.2 (5%) Berechnen Sie die Separationsbedingungen und berechnen Sie die restlichen Feldkomponenten!**

**4.3 (5%) Finden Sie die Randbedingungen!**

**4.4 (5%) Bestimmen Sie die Dispersionsgleichung und die Grenzfrequenzen der ersten drei Moden! Skizzieren Sie das Dispersionsdiagramm!**

## 5 Sektorantenne (10%)

Eine idealisierte Sektorantenne für eine Mobilfunk-Basisstation habe ein vereinfachtes Richtdiagramm entsprechend der Abbildung: Im Azimutalbereich von  $-60^\circ$  bis  $60^\circ$  und im Elevationsbereich von  $-10^\circ$  bis  $0^\circ$  sei die Direktivität gleich 1, sonst 0.



**5.1** (2%) Schätzen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler (in dB) ab!

**5.2** (3%) Berechnen Sie die wirksame Antennenfläche bei  $f = 2,2\text{GHz}$  und  $w = 0,8$ !

**5.3** (5%) Bei der Verwendung als Empfangsantenne werde am Antennenkabel eine Leistung von  $-60\text{dBm}$  gemessen. Wie gross sind  $E$  und  $H$  des einfallenden linear polarisierten Feldes? Was müssen Sie über die Wellenfront annehmen?

## 6 Radar (15%)

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 12GHz und einem Antennengewinn von 43dB. In einer Entfernung von 2000m wird ein idealer Retroreflektor (im optischen Bereich auch als "Katzenaugen" bekannt) mit einem Durchmesser von 20cm geortet.

**6.1 (6%)** Wie gross ist der Streuquerschnitt  $\sigma$  des Retroreflektors!

**6.2 (9%)** Welche Leistung hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 500W beträgt?

## 7 Pegelplan (15%)

Über ein Mobilfunksystem sind folgende Parameter bekannt: Betriebsfrequenz 2,2GHz, Bandbreite 5MHz, Zusatzrauschen des Empfängers 5dB, minimales Empfangs-SNR 13dB, Gewinn der Empfangsantenne -6dB, Gewinn der Sendeantenne 17dB. Die Boltzmannkonstante ist  $1,38 \times 10^{-23} \text{Ws/K}$  und die Bezugstemperatur sei wie üblich  $T_0 = 290\text{K}$ . Die Verluste in Kabeln seien Vernachlässigbar.

**7.1 (5%) Erstellen Sie einen tabellarischen Pegelplan in dB!**

**7.2 (5%) Ermitteln Sie die Ausbreitungsdämpfung und die entsprechende Entfernung für eine Sendeleistung von 0dBm!**

**7.3 (5%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (Handskizze, muss nicht masstäblich sein)!**