

# Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 25. 10. 2010

---

## **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
$\Sigma$		100

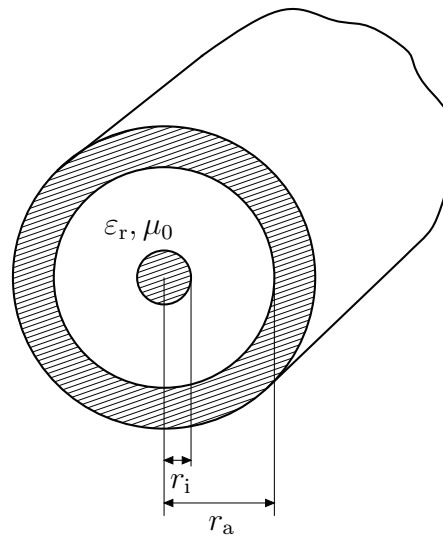
# 1 Theoriefragen (20%)

- 1.1 (2%) Geben Sie zwei praxisgerechte Verfahren für die Bestimmung des Antennengewinnes an (Skizze). Welche Länge muss das für die Messung verwendete Funkfeld haben?
- 1.2 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?
- 1.3 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellschen Gleichungen für harmonische Vorgänge in komplexer Schreibweise an! Es sei Ladungsfreiheit angenommen. Verwenden Sie wenn möglich lediglich  $\vec{E}$  und  $\vec{H}$ .
- 1.4 (2%) Wie lautet der Satz von Poynting (Erhaltung der elektromagnetischen Energie)?
- 1.5 (2%) Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!

- 1.6 (2%) Nennen Sie je zwei Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!
- 1.7 (2%) Was ist die Kontinuitätsgleichung? (Erklären Sie die auftretenden Größen und geben Sie ihre Einheiten an!)
- 1.8 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?
- 1.9 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!
- 1.10 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?

## 2 Koaxialkabel (20%)

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



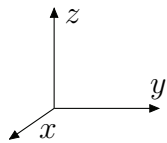
- 2.1** (7%) Bestimmen Sie einen geeigneten Innenradius  $r_i$  des abgebildeten Koaxialkabels für  $Z_L = 50 \, \Omega$ . Der Außenradius sei  $r_a = 10,5 \, \text{mm}$ , das verwendete Dielektrikum habe  $\epsilon_r = 1,6$ .
- 2.2** (7%) Berechnen Sie die ohmschen Verluste  $\alpha_R$  des Kabels für eine Leitfähigkeit des Innen- bzw. Außenleiters von  $\sigma = 57 \cdot 10^6 \, \text{S/m}$  bei  $10 \, \text{GHz}$  in  $\text{dB/m}$ .
- 2.3** (6%) Berechnen Sie die dielektrischen Verluste  $\alpha_G$  des Kabels in  $\text{dB/m}$  für ein Dielektrikum mit  $\tan \delta = 0,004$ .

### 3 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

$$f(\vartheta, \varphi) = |\sin(\vartheta) \cos(\varphi) \cos(\varphi/2)|$$

- 3.1 (7%) Skizzieren Sie das Richtdiagramm in horizontaler (x/y) und vertikaler (x/z) Ebene! Zeichnen Sie  $\vartheta$  und  $\varphi$  in den Skizzen und dem Koordinatensystem ein.**



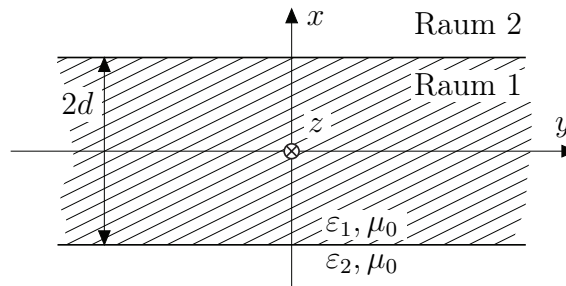
- 3.2 (8%) Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!**

Hinweis:  $\int \sin^3(ax) \, dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + \frac{1}{3a} \cos^3(ax)$  und  
 $\int (\cos(x) \cos(ax))^2 \, dx = \frac{\sin(2(a+1)x)}{16(a+1)} + \frac{\sin(2(a-1)x)}{16(a-1)} + \frac{\sin(2ax)}{8a} + \frac{\sin(2x)}{8} + \frac{x}{4}$

- 3.3 (5%) Berechnen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler und über dem Hertz'schen Dipol!**

## 4 Dielektrische Platte (20%)

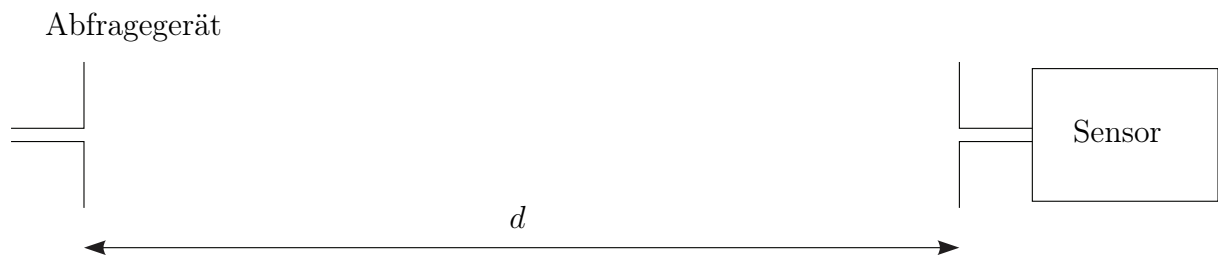
Berechnen Sie die Ausbreitungseigenschaften der  $TE_{10}$ -ähnlichen Grundwelle (siehe Rechteckhohlleiter), die von einer in  $y$ - und  $z$ - Richtung unbegrenzten und in  $x$ -Richtung  $2d$  dicken dielektrischen Platte (Raum 1) geführt wird (Raum 2 ist Luft)!



- 4.1 (6%) Finden Sie einen Ansatz für die Komponenten des elektromagnetischen Feldes in Ausbreitungsrichtung (positive  $z$ -Richtung)  $E_{z1}$ ,  $E_{z2}$ ,  $H_{z1}$  und  $H_{z2}$  der die Wellengleichung erfüllt und geben Sie die Separationsbedingungen an! Nutzen Sie die Symmetrie der Platte und berücksichtigen Sie nur  $x > -d$ !
- 4.2 (4%) Bestimmen Sie die restlichen Feldkomponenten!
- 4.3 (5%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an der Grenzfläche zwischen Luft und Dielektrikum weitere Beziehungen zur Bestimmung der Ausbreitungskonstanten. Reduzieren Sie die gewonnenen Beziehungen zu einer einzigen transzendenten Gleichung für die Ausbreitungskonstante in  $x$ -Richtung ausserhalb der Platte in Abhängigkeit der Frequenz  $\omega$ !
- 4.4 (5%) Ermitteln Sie eine Gleichung für die Grenzfrequenz der Grundwelle. Die Grenzfrequenz ist durch den Übergang von der geführten Welle zur ungedämpften Abstrahlung in den Raum neben der Platte definiert!

## 5 Drahtloser Temperatursensor (20%)

Ein drahtloser Temperatursensor soll aus  $d = 8\text{ m}$  Distanz per Funk (430 MHz, 200 mW Sendeleistung) ausgelesen werden. Vereinfachend wird angenommen, dass das Abfragegerät und der Sensor mit optimal ausgerichteten, verlustbehafteten ( $w = 0,8$ ) Hertz'schen Dipolen ausgestattet sind. Es wird eine Welle zum Sensor geschickt, die vom Sensor zeitverzögert und um 25 dB geschwächt reflektiert wird. Das Abfragegerät schaltet während der Zeitverzögerung auf Empfang und registriert das Sensorsignal.



**5.1** (4%) Gilt für diese Anordnung die Annahme, dass sich der Sensor in der Fernzone der Antenne des Abfragegerätes befindet? Nehmen Sie die wirksame Antennenfläche als kreisförmig an!

**5.2** (4%) Berechnen Sie die vom Sensor empfangene Leistung!

**5.3** (4%) Wie groß ist die Differenz zwischen der gesendeten Leistung und der am Abfragegerät empfangenen Leistung in dB (Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät)?

**5.4** (8%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (ohne Rauschen) der Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät. Geben Sie alle Pegel bzw. Änderungen auf den Teilstrecken an (in dBm bzw. in dB)!