

# Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 10.12.2013

---

## **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%) Erklären sie die Begriffe Mediumswellenwiderstand und Leitungswellenwiderstand sowie ihren Zusammenhang bei einer allgemeinen Leitung.
- 1.2 (2%) Geben Sie den Grundmodus der Parallelplattenleitung, des Rechteckhohlwellenleiters und des Koaxialkabels an!
- 1.3 (2%) Welcher grundsätzliche Zusammenhang (Proportionalität) besteht zwischen Empfangsleistung und Sendeleistung als Funktion der Distanz bei leitungsgeführter Strahlung und bei Freiraumausbreitung?
- 1.4 (2%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?
- 1.5 (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?

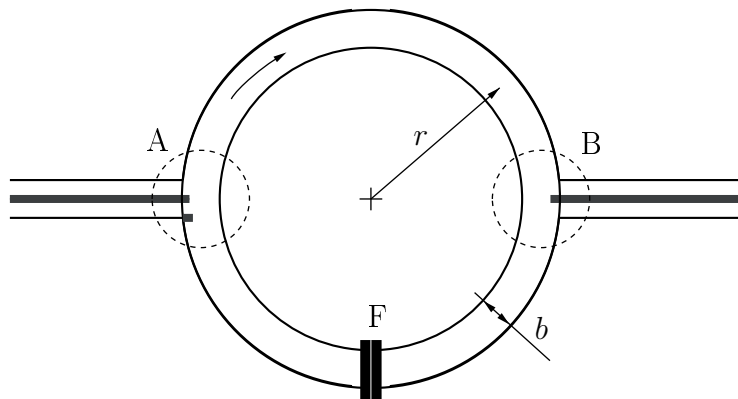
- 1.6 (2%) Nennen Sie fünf wichtige elektrische Eigenschaften von Antennen!**
- 1.7 (2%) Sie wollen bei einem bestehenden Design einer Logarithmisch-Periodischen-Antenne die Bandbreite zu tiefen Frequenzen hin vergrößern: Wo fügen Sie ein Element welcher Länge hinzu? (Skizze!)**
- 1.8 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?**
- 1.9 (2%) Was gibt der Radarstreuquerschnitt eines Objekts an? Erläutern Sie das zu Grunde liegende Konzept hinsichtlich der äquivalenten Abstrahlung.**
- 1.10 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?**

## 2 Möbius–Resonator (20%)

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

Ein flexibler luftgefüllter Rechteckhohlleiter mit den Abmessungen  $a$  und  $b = 1\text{ cm}$  ( $a > b$ ) wird zu einem ringförmigen Resonator gebogen und die beiden als Flansch ausgeführten Enden werden an der Stelle F verschraubt. Der Resonator wird an bei Bereich A mittels einer kurzen Feldsonde erregt, die durch ihre Konstruktion im Uhrzeigersinn umlaufende Wellen bevorzugt. Im Bereich B kann mittels einer zweiten Feldsonde ein Signal aus dem Resonator ausgekoppelt werden. Die Feldsonden werden von Koaxialkabeln gespeist. Die gewünschte erste Resonanzfrequenz des Resonators liegt bei  $f_{\text{Res}} = 10\text{ GHz}$ .

Vernachlässigen sie bei Ihren Berechnungen die Störungen des Feldbildes im Resonator durch die Feldsonden.



**2.1 (3%)** Dimensionieren Sie den fehlenden Parameter des Hohlleiters so, dass dieser bei der gewünschten Resonanzfrequenz 2 % über der unteren Bandkante im Mono–Mode–Betrieb arbeitet.

**2.2 (5%)** Berechnen Sie den kürzest möglichen mittleren Radius  $r$  des Hohlleiterresonators für die angegebene Resonanzfrequenz.

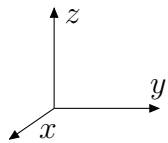
- 2.3** (12%) Bei gleich bleibenden mechanischen Parametern wird nun der Resonator in einen Möbius-Resonator umgebaut: Dazu wird der Flansch an der Stelle F geöffnet, ein Ende des Wellenleiters um  $180^\circ$  um die Längsachse gedreht, und anschließend wieder verschraubt. Geben Sie einen allgemeinen Formelausdruck für die Resonanzfrequenzen an und berechnen Sie die ersten 3 Resonanzfrequenzen dieses Resonators!

### 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.**



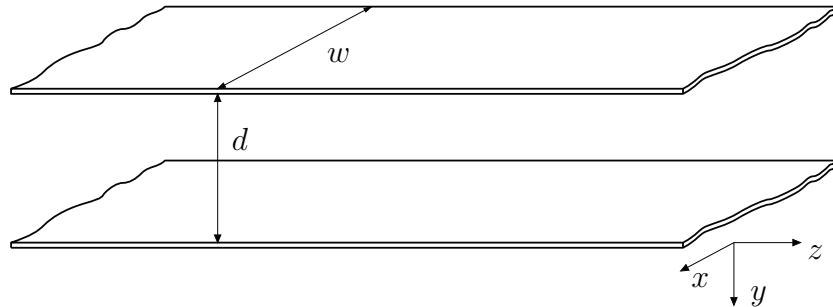
- 3.2 (8%) Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!**

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 Parallelplattenleitung (20%)

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit von  $\text{TM}_n$  Moden auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit  $w \gg d$ ,  $\varepsilon_r = 1$ ) untersucht werden.

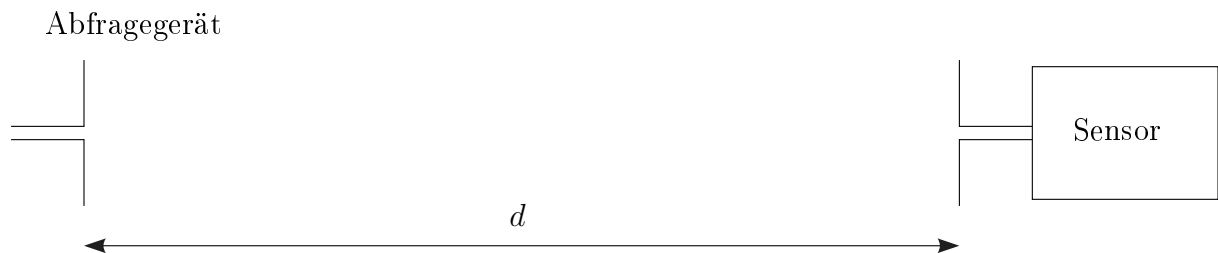


**4.1 (10%)** Finden Sie einen Ansatz für die gefragten Moden, der die Wellengleichung erfüllt, und überprüfen Sie dies. Berechnen Sie alle weiteren Komponenten. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an.

**4.2 (10%)** Berechnen Sie den Mediumswiderstand  $\eta$ , den Feldwellenwiderstand  $Z_{\text{W},n}$  und die Grenzfrequenz  $f_{\text{G},n}$  aller gefragten Moden!

## 5 Drahtloser Temperatursensor (20%)

Ein drahtloser Temperatursensor soll aus  $d = 12\text{ m}$  Distanz per Funk (865 MHz, 2 W Sendeleistung) ausgelesen werden. Vereinfachend wird angenommen, dass das Abfragegerät und der Sensor mit optimal ausgerichteten, verlustbehafteten ( $w = 0,75$ ) Hertz'schen Dipolen ausgestattet sind. Es wird eine Welle zum Sensor geschickt, die vom Sensor zeitverzögert und um 35 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)!