

# Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 12.12.2011

---

## **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		25
3		15
4		20
5		20
$\Sigma$		100

# 1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?

1.2 (2%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?

1.3 (2%) Nennen Sie je zwei Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!

1.4 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Datenübertragung über Wellenleitern!

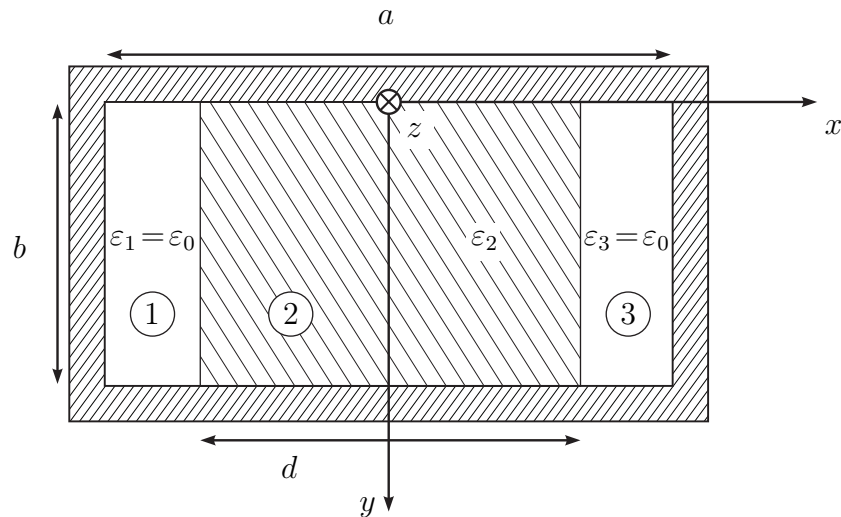
1.5 (2%) Erklären sie die Begriffe Mediumswellenwiderstand und Leitungswellenwiderstand sowie den Zusammenhang der Beiden bei einer allgemeinen Leitung.

- 1.6 (2%) Was besagt das Reziprozitätstheorem bei Antennen? Welche Voraussetzungen müssen gelten werden, damit es anwendbar ist?
- 1.7 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?
- 1.8 (2%) Ordnen Sie folgende Antennen *aufsteigend* nach (a) Länge, (b) Betrag der Eingangsimpedanz:  $\lambda/2$ -Dipol,  $\lambda$ -Dipol, Hertz'scher Dipol
- 1.9 (2%) Was gibt das Stehwellenverhältnis an, und wo wird es verwendet?
- 1.10 (2%) Nennen Sie fünf wichtige elektrische Eigenschaften von Antennen!

## 2 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (25%)

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

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der  $TE_{10}$  Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz.  $\mu = \mu_0$ .



- 2.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten  $E_{z,i}$  und  $H_{z,i}$ , mit  $i = 1, 2, 3$  für Raum  $i$ , der die Wellengleichung erfüllt!
- 2.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 2.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in  $z$ -Richtung!
- 2.4 (5%) Skizzieren Sie das Feldbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

### 3 Radar (15%)

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 60 GHz und einem Antennengewinn von 40 dBi. In einer Entfernung von 1 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 20 cm geortet.

**3.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt  $\sigma$  des Retroreflektors?**

**3.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 100 W beträgt?**

## 4 HGÜ für Solarstrom aus der Sahara(20%)

Ein Solarpark in der Sahara mit einer Gesamtleistung von 2500 MW soll mittels Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) an Süditalien angebunden werden. Die Distanz zwischen den Umrichterstationen beträgt  $l = 1200$  km. Der Umrichter in der Sahara hat eine Speiseimpedanz von  $15 \Omega$  und gibt im Leerlauf eine Ausgangsspannung von 1000 kV an ein koaxiales Kabel mit PVC Dielektrikum (relative Permittivität  $\varepsilon_r = 3,5$ , Durchschlagfeldstärke  $E_D = 35$  kV/mm) ab. Außen- und Innenleiter des Kabels sind aus Aluminium mit einer Leitfähigkeit  $\sigma = 37 \cdot 10^6$  S/m.

**4.1 (5%) Welche Innen- und Außenleiterradii sind für das Kabel vorzusehen, wenn dieses für 130 % der Nennspannung auszulegen ist und die Leitungsimpedanz für minimalen Materialverbrauch zu dimensionieren ist? Geben sie auch die verwendete Impedanz der Leitung an!**

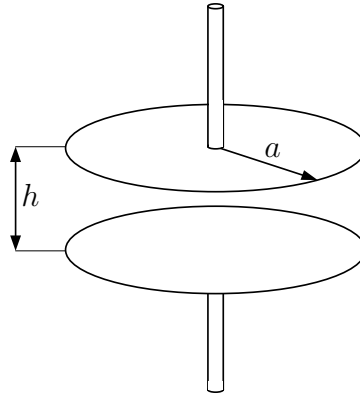
**4.2 (5%) Welche Widerstände stellen Innen- bzw. Außenleiter des Koaxialkabels dar, wenn der Innenleiter massiv ausgeführt ist, und der Außenleiter die gleiche Masse aufweist wie der Innenleiter? Welche Verluste ergeben sich in Kabel und speisender Umrichterstation?**

**4.3** (6%) Welche Lastimpedanz stellt die Umrichterstation in Italien dar? Die Leitung wird nach Revisionsarbeiten zum Zeitpunkt  $t = 0$  in Betrieb genommen. Welche Spannung ergibt sich jeweils an den Umrichterstationen in der Sahara bzw. in Italien für die Zeitpunkte  $t = 0$ ,  $t = 2,1 \cdot l/c$ ,  $t = \infty$ ? ( $c = c_0/\sqrt{\varepsilon_r}$ ) Für welchen Maximalstrom ist die Umrichterstation in der Sahara abzusichern?

**4.4** (4%) Berechnen Sie die Kabelkapazität und Induktivität und die darin gespeicherten Energien!

## 5 Scheiben–Kondensator bei Hochfrequenz (20%)

Gegeben ist ein kreisscheibenförmiger Plattenkondensator, mit Scheibenradius  $a$  und Höhe  $h$ . Zwischen den Platten befindet sich ein Dielektrikum mit relativer Permittivität  $\varepsilon_r$  und Verlustwinkel  $\tan \theta_D$ .



- 5.1 (2%) Bestimmen Sie Parallel-Ersatzschaltbild des Kondensators  $Y = G + jB$  bei Frequenz  $f$  aus der quasistationären Theorie unter Berücksichtigung der dielektrischen Verluste und Vernachlässigung der Ohmschen Verluste.
- 5.2 (4%) Nehmen Sie zunächst an, dass das elektrische Feld zwischen den Elektroden des Plattenkondensators homogen ist. Bestimmen Sie mit Hilfe des Durchflutungssatzes die magnetische Feldstärke  $H(r)$  für  $0 < r < a$  im Dielektrikum zwischen den Elektroden. Wählen Sie dafür zuerst einen geeigneten Integrationsweg  $\Gamma_1$  und skizzieren Sie ihn. Nehmen Sie zunächst an, dass das elektrische Feld zwischen den Elektroden des Plattenkondensators homogen ist:  $E_z = E_0 e^{j\omega t}$ .



- 5.3** (5%) Benutzen Sie nun das Faraday'sche Induktionsgesetz, um mit dem Resultat von Punkt 5.2 eine Korrektur des homogenen E-Feldes zu bestimmen. Wählen Sie einen geeigneten Integrationsweg  $\Gamma_2$  und skizzieren Sie ihn.
- 5.4** (3%) Bestimmen Sie die im zeitlichen Mittel gespeicherte elektrische Energie im Kondensator bei Frequenz  $f$  unter Berücksichtigung der Korrektur in Punkt 5.3.
- 5.5** (3%) Bestimmen Sie die im zeitlichen Mittel gespeicherte magnetische Energie im Kondensator bei Frequenz  $f$  unter Verwendung des Resultats in Punkt 5.2.
- 5.6** (3%) Bei welcher kritischen Frequenz  $f_c$  erwarten Sie, dass sich der Kondensator induktiv verhält, anstatt kapazitiv? Nehmen Sie dafür die konkreten Werte  $\varepsilon_r = 4,7$ ,  $a = 5 \text{ cm}$  und  $h = 1,5 \text{ mm}$  an.