

# Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 05.05.2011

---

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

# 1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

1.2 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?

1.3 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten  $x, y, z$  abhängige Wellenfunktion aus?

1.4 (2%) Was ist die Kontinuitätsgleichung? (Erklären Sie die auftretenden Größen und geben Sie ihre Einheiten an!)

1.5 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?

- 1.6 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?
- 1.7 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge  $\lambda/2$ !
- 1.8 (2%) Welche Ausbreitungsphänomene werden durch eine Rayleigh- bzw. durch eine Rice-Verteilung beschrieben?
- 1.9 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Logarithmisch-Periodische-Antenne?
- 1.10 (2%) Beschreiben und skizzieren sie Aufbau und Eigenschaften einer Beverage-Antenne. Warum wird diese Antenne nur für Sender kleiner Leistung verwendet?

## 2 Wasserstoff Maser (15%)

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

Wasserstoff Maser (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) verwenden die Hyperfeinstruktur des Wasserstoffs mit einer Energie von etwa  $5,873 \cdot 10^{-6}$  eV zum Erzeugen einer extrem frequenzgenauen Mikrowellenstrahlung. Dazu wird angeregter atomarer Wasserstoff in einen passend dimensionierten Mikrowellenresonator eingebracht.

Der im Folgenden betrachtete Maser verwendet einen quaderförmigen Resonator aus silberbeschichteter Keramik ( $\sigma = 61 \cdot 10^6$  S/m) mit quadratischer Grundfläche und der Höhe  $b = 200$  mm, der im 101-Modus betrieben wird. Die Permittivität des in geringer Dichte eingebrachten Wasserstoffgases kann vernachlässigt werden.

Hinweis: Elementarladung  $q_e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C,

Plancksches Wirkungsquantum  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Js

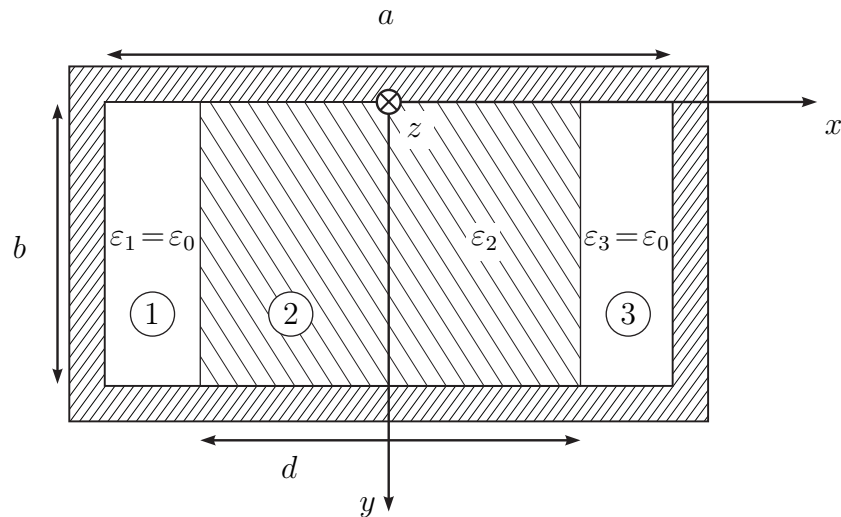
**2.1 (5%) Berechnen Sie die Frequenz des Masers und daraus die restlichen Abmessungen des Resonators und skizzieren Sie diesen.**

**2.2 (6%) Berechnen Sie die unbelastete Güte des Resonators! Vereinfachen Sie zuerst die Formel unter der Berücksichtigung  $a = c$ ! Setzen Sie dann Zahlenwerte ein!**

**2.3 (4%) Wasserstoff Maser haben eine Frequenzgenauigkeit von unter 1 Hz. Berechnen Sie die zulässige Abweichungen in allen Abmessungen des Resonators um die gleiche Genauigkeit nur durch den Resonator zu erhalten.**

### 3 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (25%)

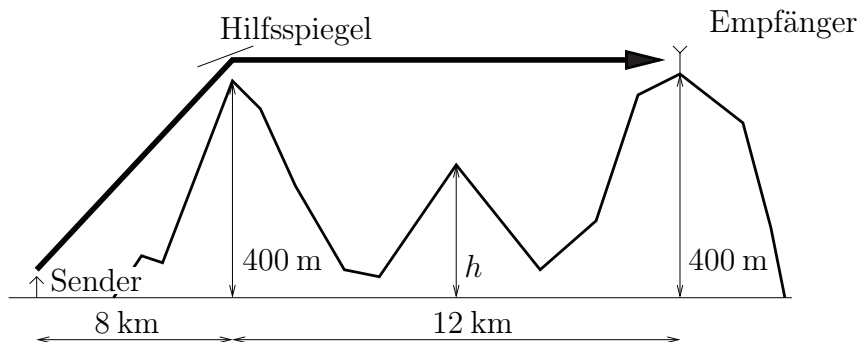
Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der  $TE_{10}$  Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz.  $\mu = \mu_0$ .



- 3.1 (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!
- 3.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 3.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in  $z$ -Richtung!
- 3.4 (5%) Skizzieren Sie das Feldbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

## 4 Richtfunkstrecke mit Hilfsspiegel (20%)

Wie in der Skizze gezeigt, soll eine Richtfunkstrecke auf 11 GHz zwischen einem Sender und einem Empfänger in hügeligem Gelände über einen Hilfsspiegel realisiert werden. Der Streuquerschnitt des Hilfsspiegels ist  $\sigma = 220 \text{ m}^2$ , der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 400 K und eine Bandbreite von 6 MHz. Der Abstand zwischen Signalleistung und Rauschleistung muss mindestens 18 dB betragen. Die Empfangsantenne ist ein Parabolspiegel mit Durchmesser  $D = 1,5 \text{ m}$  und einem Flächenwirkungsgrad von 0,8. Hinweis: Boltzmann-Konstante  $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ws/K}$



- 4.1 (6%) Welche Höhe  $h$  darf ein ungefähr in der Mitte zwischen Hilfsspiegel und Empfänger liegender Hügel maximal haben, ohne die Richtfunkstrecke nennenswert zu beeinträchtigen? Erklären Sie Ihre Argumentation!
- 4.2 (10%) Welche EIRP (in Watt und in dBW) muss die Sendeanlage erzeugen, damit der erforderliche Signal/Rausch-Abstand am Empfänger erreicht wird?
- 4.3 (4%) Welche Sendeleistung (in Watt und in dBW) ist nötig, wenn die Sendeanlage eine baugleiche Parabolantenne verwendet wie der Empfänger?

## 5 Speiseleitung einer Großsendeanlage (20%)

Die Antennengruppe einer Großsendeanlage bei der Frequenz  $f = 6155 \text{ kHz}$  wird mit einem 150 m langen Koaxialkabel gespeist. Das Koaxialkabel weist einen Innendurchmesser des Außenleiters von 30 cm auf. Der Innenleiter wird vereinzelt mittels keramischer Abstandshalter positioniert, ansonsten ist das Koaxialkabel gasgefüllt, wobei wahlweise Luft mit einer Durchschlagfeldstärke von  $E_{\text{DL}} = 2 \text{ kV/mm}$  oder Schwefelhexafluorid  $\text{SF}_6$  mit einer Durchschlagfeldstärke von  $E_{\text{DSF}_6} = 8 \text{ kV/mm}$  als Dielektrikum verwendet werden soll.

**5.1 (2%)** Skizzieren Sie den Sachverhalt.

**5.2 (5%)** Welcher Innenleiterdurchmesser ist für maximalen Leistungstransport in dem Kabel vorzusehen? Geben sie auch die verwendete Impedanz der Leitung an

**5.3 (5%)** Skizzieren Sie das Feldbild in der Koaxialleitung. Leiten Sie einen Ausdruck für die maximale elektrische Feldstärke in der Leitung her und geben sie die maximale Leistung an die sich bei Verwendung von Luft als Dielektrikum ergibt.

**5.4** (3%) Auf welche Leistung läßt sich die übertragbare Leistung durch Verwendung von  $\text{SF}_6$  als Füllgas erhöhen?

**5.5** (5%) Wie viel Prozent der Sendeleistung gehen durch ohmsche Verluste in der Speiseleitung verloren, wenn die Leitfähigkeit des verwendeten Leitermaterials  $\sigma = 1,2 \cdot 10^6 \text{ S/m}$  beträgt?