

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 25.6.2013

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		15
3		20
4		25
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

- 1.1 (2%) Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz der eindimensionalen homogenen Wellengleichung?
- 1.2 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Blindleistungsflussdichte?
- 1.3 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x, y, z abhängige Wellenfunktion aus?
- 1.4 (2%) Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?
- 1.5 (2%) Wie lautet der Satz von Poynting (Erhaltung der elektromagnetischen Energie)?

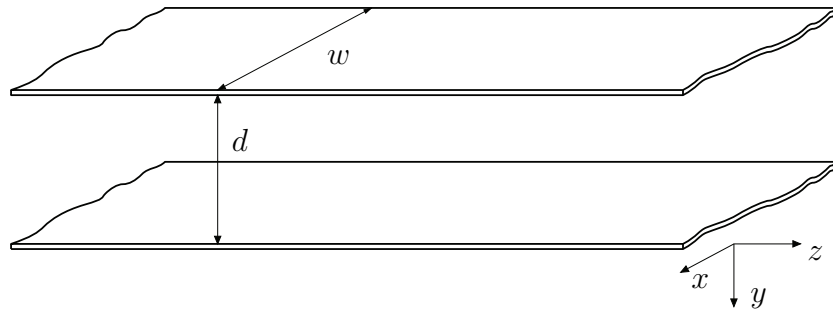
- 1.6 (2%) Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!**
- 1.7 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?**
- 1.8 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?**
- 1.9 (2%) Geben Sie mindestens zwei praxisgerechte Verfahren für die Bestimmung des Antennengewinnes an (Skizze). Welche Länge muss das für die Messung verwendete Funkfeld haben?**
- 1.10 (2%) Beschreiben und skizzieren sie Aufbau und Eigenschaften einer Beverage-Antenne. Warum wird diese Antenne nur für Sender kleiner Leistung verwendet?**

2 Parallelplattenleitung (15%)

Name/Mat. Nr.: _____

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit von TEM, TE_m und TM_m Moden in z -Richtung auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $\varepsilon_r = 1$) untersucht werden.

Hinweis: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$, $\varepsilon_0 = 8,8541 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$



- 2.1** (7%) Die Leitung soll von 15 bis 18 GHz im Monomodebetrieb eingesetzt werden. Dimensionieren Sie d so, dass die Grenze für Monomodebetrieb 15 % über bzw. unter dem angegebenen Bereich liegt.
- 2.2** (3%) Welche Moden sind bei der doppelten Betriebsfrequenz ausbreitungsfähig?
- 2.3** (5%) Zeichnen Sie ein Dispersionsdiagramm für die untersten 5 Moden.

3 Militärisches Primärradar (20%)

Ein militärisches monostatisches Primär-Radar soll zur Detektion von Flugzeugen bis zu einer Flughöhe von 18000 m verwendet werden. An den Sender mit einer Sendeleistung P_{s1} von 53 dBW bei $f_1 = 22$ GHz ist eine Antenne mit einem Gewinn G_{s1} von 37 dBi angeschlossen. Ein Flugzeug vom Typ B-52 hat einen Radarquerschnitt von $\sigma = 100$ m². Der Empfänger des Primär-Radars habe eine äquivalente Rauschtemperatur $T_1 = 300$ K und eine Bandbreite $\Delta f_1 = 250$ MHz.

Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ Ws/K

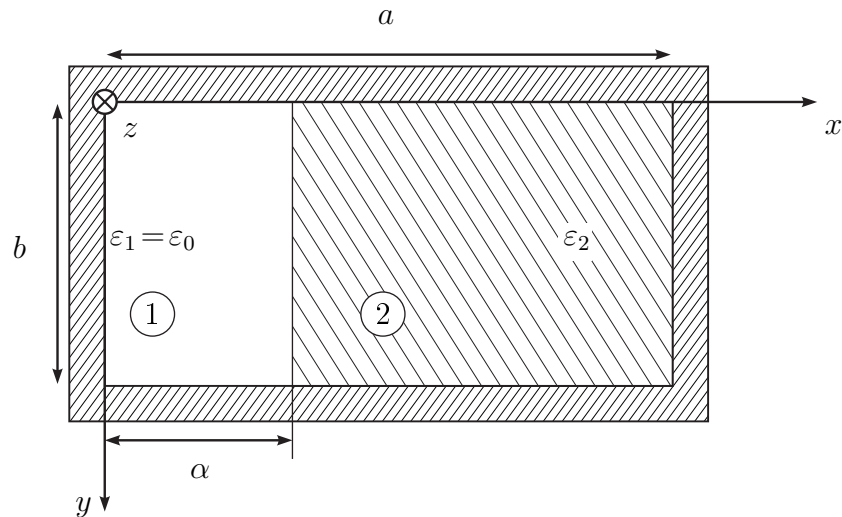
- 3.1 (12%) Berechnen Sie die maximale horizontale Reichweite über Grund d_{\max} des Radars bei maximaler Flughöhe, wenn ein minimales SNR von 15 dB erreicht werden soll. Fertigen Sie zuerst eine Skizze des Sachverhalts an!**

3.2 (3%) Das Tarnkappenflugzeug B-2 hat einen Radarquerschnitt von $0,1 \text{ m}^2$. Welche Sendeleistung ist nötig, um die gleiche Reichweite wie zur Detektion der B-52 zu erreichen?

3.3 (5%) Statt bei obigem Punkt die Sendeleistung zu erhöhen, könnte man auch eine Antenne mit höherem Gewinn einsetzen. Welcher Gewinn wäre dann nötig? Geben sie zusätzlich mindestens zwei Gründe an, die gegen eine Radarantenne mit extrem großen Gewinn sprechen.

4 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. $\mu = \mu_0$



- 4.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 4.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 4.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung!
- 4.4 (5%) Skizzieren Sie das Feldbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

5 HGÜ für Solarstrom aus der Sahara(20%)

Ein Solarpark in der Sahara mit einer Gesamtleistung von 3000 MW soll mittels Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) an Süditalien angebunden werden. Die Distanz zwischen den Umrichterstationen beträgt $l = 1850$ km. Der Umrichter in der Sahara hat eine Speiseimpedanz von 7Ω und gibt im Leerlauf eine Ausgangsspannung von 1200 kV an ein koaxiales Kabel mit PVC Dielektrikum (relative Permittivität $\epsilon_r = 3,2$, 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.

5.1 (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!

5.2 (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?

5.3 (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?

5.4 (4%) Berechnen Sie die Kabelkapazität und Induktivität und die darin gespeicherten Energien!