

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 17.3.2011

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		20
3		20
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!

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 ist die Eindringtiefe in einen Quasileiter definiert? Wie hängt sie von der Frequenz und der Leitfähigkeit ab? Erklären Sie alle verwendeten Größen und geben Sie ihre Einheiten an.

1.4 (2%) Wie hängen bei der Microstripleitung die Verluste von der Frequenz ab?

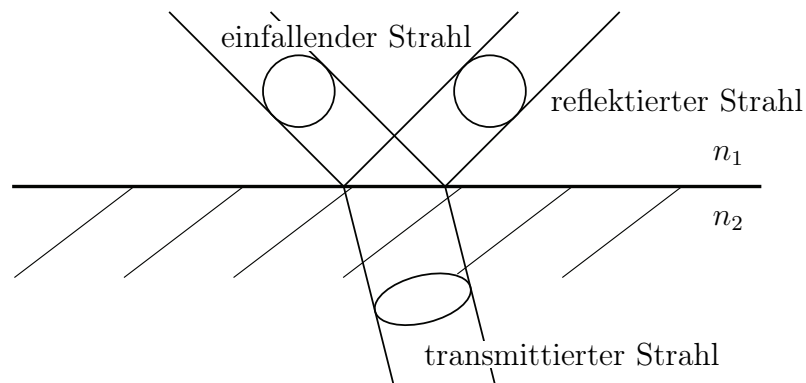
1.5 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

- 1.6 (2%) Mit Hilfe welcher Größe (Name) unterscheidet man Nah- und Fernzone einer Antenne und welchen Wert hat sie (Formel)? Geben Sie Bedeutung und Einheit der verwendeten Größen an.
- 1.7 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !
- 1.8 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?
- 1.9 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.10 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?

2 Übergang von Vakuum nach Glas (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Eine elliptisch polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 5 \text{ mm}^2$, einer Elliptizität von 3 dB (TM Anteil stärker) und einer Gesamteistung von $P = 10 \text{ mW}$ wird unter einem Winkel von $\theta_e = 60^\circ$ auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,6$) eingestrahlt.



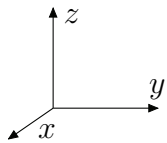
- 2.1 (5%)** Berechnen Sie Einfallswinkel Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!
- 2.2 (12%)** Berechnen Sie die TE und TM-Anteile (jeweils E und H) der einfallenden, der reflektierten und der transmittierten Welle!
- 2.3 (3%)** Berechnen Sie die Elliptizität der reflektierten und der transmittierten Welle in dB!

3 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \cos^{\frac{8}{2}}(\vartheta) & \text{für } 0 < \vartheta < \pi/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

- 3.1** (7%) Skizzieren Sie das Richtdiagramm in horizontaler (x/y) und vertikaler (x/z) Ebene! Zeichnen Sie ϑ und φ in Ihren Skizzen und dem abgebildeten Koordinatensystem ein.



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

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

4 Militärisches Primärradar (20%)

Ein militärisches monostatisches Primär-Radar soll zur Detektion von Flugzeugen bis zu einer Flughöhe von 15000 m verwendet werden. An den Sender mit einer Sendeleistung P_{s1} von 46 dBW bei $f_1 = 28$ GHz ist eine Antenne mit einem Gewinn G_{s1} von 43 dBi angeschlossen. Eine B-52 hat einen Radarquerschnitt von $\sigma = 100 \text{ m}^2$. Der Empfänger des Primär-Radars habe eine äquivalente Rauschtemperatur $T_1 = 300 \text{ °K}$ und eine Bandbreite $\Delta f_1 = 200 \text{ MHz}$.

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

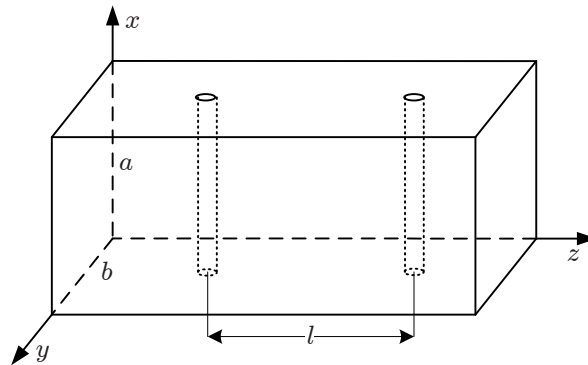
- 4.1 (12%) Berechnen Sie die maximale Reichweite vertikale Reichweite über Grund d_{\max} des Radars bei maximaler Flughöhe, wenn ein minimales SNR von 20 dB erreicht werden soll. Fertigen Sie zuerst eine Skizze des Sachverhalts an!**

4.2 (3%) Der Tarnkappenbomber 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?

4.3 (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.

5 Wellenleitung in U Bahn-Garnitur (20%)

Eine U Bahn-Garnitur hat einen näherungsweise quaderförmigen, aus Stahl gefertigten Innenraum mit der Höhe $a = 2.3$ m und der Breite $b = 2.6$ m. Die U Bahn sei in z -Richtung beliebig ausgedehnt angenommen, und besitzt periodisch leitfähige mittig angebrachte dünne Haltestangen im Abstand $l = 4$ m. Der Stahl habe eine Leitfähigkeit von $\sigma = 1,2 \cdot 10^6$ S/m.



5.1 (5%) Welche Moden sind in dem Innenraum der U Bahn-Garnitur ausbreitungsfähig?

5.2 (4%) Ermitteln sie die 4 Moden mit der niedrigsten Grenzfrequenz! Geben sie auch die Grenzfrequenzen an.

- 5.3 (3%) Zwei Behördenfunkgeräte arbeiten bei $f = 158$ MHz. Welche Dämpfung in dB ergibt sich für zwei im Abstand 35 m arbeitende Funkgeräte, wenn die Antennen jeweils mit einer Effizienz von 90% in den Wellenleiter einkoppeln und die Wände der U-Bahn Garnitur als perfekt leitend angenommen werden?
- 5.4 (6%) Welche Dämpfung ergibt sich analog zu vorherigem Punkt bei Berücksichtigung der Verluste in den Stahlwänden?
- 5.5 (2%) Welche Dämpfung würde sich für die gleiche Distanz bei Freiraumübertragung ergeben? Dabei kann für die Antennen ein Gewinn von 2 dBi angenommen werden.