

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 14.03.2013

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
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

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

1.2 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

1.3 (2%) Wie lautet der Separationsansatz für die Wellenfunktion $\Psi(x, y, z)$?

1.4 (2%) Erklären Sie den Begriff des Oberflächenwiderstandes. Wo tritt dieser bei der Power Loss Method auf?

1.5 (2%) Wie groß ist die Wellenzahl einer HEW im Vakuum bei $f = 500 \text{ MHz}$?

- 1.6 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!**
- 1.7 (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.**
- 1.8 (2%) Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!**
- 1.9 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!**
- 1.10 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !**

2 Mobilfunksystem (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Über ein Mobilfunksystem sind folgende Parameter bekannt: Betriebsfrequenz 0,85 GHz, Bandbreite 200 kHz, Zusatzrauschen des Empfängers 5 dB, minimal erforderliches SNR am Demodulator des Empfängers 13 dB, Gewinn der Empfangsantenne -6 dBi. Die Sendeantenne ist eine typische Sektorantenne mit 1 m Höhe, 20 cm Breite und hat einen Gewinn von 13 dBi.

Hinweise: Boltzmannkonstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ Ws/K, Bezugstemperatur $T_0 = 290$ K. Vernachlässigen Sie Verluste in Kabeln.

2.1 (5%) In welcher Entfernung beginnt das Fernfeld dieser Sendeantenne?

2.2 (10%) Ermitteln Sie die maximal erlaubte Ausbreitungsdämpfung und die entsprechende Entfernung für eine Sendeleistung von 46 dBm! Geben Sie alle auftretenden Größen in logarithmischen Maßen (dB, dBm,...) an.

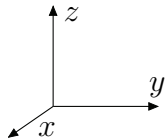
2.3 (5%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (Handskizze, muss nicht maßstäblich korrekt sein) und beschriften Sie alle Pegel und Pegeländerungen!

3 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \cos^3(\vartheta) & \text{für } 0 < \vartheta < \pi/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

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

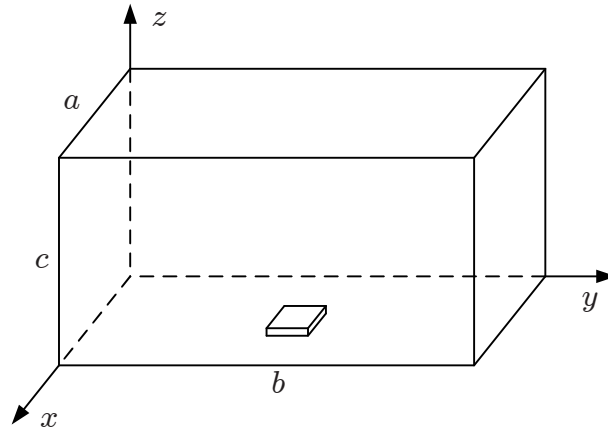


- 3.2** (8%) Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!

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

4 Toastscheibe in Mikrowellenherd (20%)

Eine quaderförmige Toastbrottscheibe mit quadratischer Grundfläche mit der Seitenlänge $t = 12 \text{ cm}$ und der Höhe $h = 1 \text{ cm}$ soll in einem Mikrowellenherd aufgetaut werden, die bei $2,45 \text{ GHz}$ als TE_{204} -Resonator betrieben wird. Die Garkammer ist aus Edelstahl mit einer Leitfähigkeit $\sigma = 1,4 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ gefertigt und hat die Abmessungen $a = 30 \text{ cm}$ und $b = 40 \text{ cm}$. Die Toastscheibe wird in die Mitte der Garkammer gelegt.



4.1 (3%) Berechnen Sie die Höhe der Garkammer c!

4.2 (5%) Berechnen Sie die Verluste in den Wänden des Mikrowellenherds, wenn die Amplitude $A = 1 \text{ A/m}$ beträgt. Die Felddarstellungen in einem quaderförmigen Resonator für den TE_{mnp} -Fall lauten:

$$H_x = -\frac{A}{k_c^2} \frac{p\pi}{c} \frac{m\pi}{a} \sin \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} \cos \frac{p\pi z}{c}$$

$$H_y = -\frac{A}{k_c^2} \frac{p\pi}{c} \frac{n\pi}{b} \cos \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \cos \frac{p\pi z}{c}$$

$$H_z = A \cos \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} \sin \frac{p\pi z}{c}$$

$$E_x = \frac{j\omega\mu A}{k_c^2} \frac{n\pi}{b} \cos \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \sin \frac{p\pi z}{c}$$

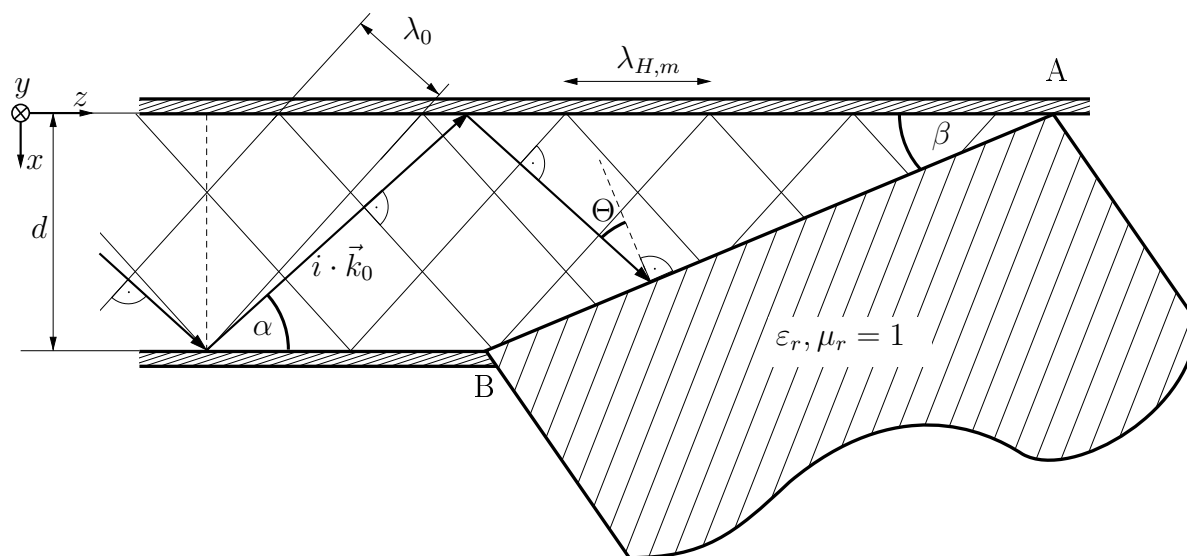
$$E_y = -\frac{j\omega\mu A}{k_c^2} \frac{m\pi}{a} \sin \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} \sin \frac{p\pi z}{c}$$

$$k_c^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2$$

- 4.3 (3%) Berechnen Sie die Leistungsaufnahmedichte in der Toastscheibe, wobei die Toastscheibe durch die komplexe Dielektrizitätskonstante $\delta = \varepsilon_0(1 - j1)$ charakterisiert ist.
- 4.4 (5%) Berechnen Sie qualitativ die Temperaturverteilung in der Toastscheibe, wenn Sie davon ausgehen, dass sich die Temperatur über der dünnen Höhe der Scheibe instantan ausgleicht und daher konstant ist. Setzen Sie dabei die Temperatur als proportional zur lokalen Leistungsaufnahmedichte an und vernachlässigen Sie Wärmestrahlung und weitere Wärmeleitung. Skizzieren Sie den Temperaturverlauf in der Toastscheibe in zwei durch das Zentrum der Scheibe verlaufenden Schichten parallel zur xz - und yz -Ebene
- 4.5 (4%) Welche Leistung wird in Summe in der Toastscheibe umgesetzt? Wie groß ist der Wirkungsgrad der Mikrowellengarkammer bei dieser Anwendung, wobei der Wirkungsgrad das Verhältnis aus im Toast aufgenommener zu der Garkammer zugeführter Leistung darstellt?
- 4.6 (+3%) Zusatzfrage: Wie und wo muss die Toastscheibe für optimalen Wirkungsgrad positioniert werden, ohne dabei zusätzliche Hilfsmittel zu verwenden?

5 Übergang von Parallelplattenleitung zu dielektrischem Wellenleiter(20%)

Zu untersuchen ist der Übergang von einer luftgefüllten Parallelplattenleitung (PPL) zu einem dielektrischen Wellenleiter (DWL), der aus einem dielektrischen Stab mit der Permittivität $\epsilon_r = 1,2$ besteht und sonst mit Luft umgeben ist. Sowol die PPL mit Breite w als auch der DWL sind weit in y -Richtung ausgedehnt, so dass die üblichen Näherungen für $w \gg d$ verwendet werden können. Mit \vec{k}_0 ist der Wellenvektor der entsprechenden Freiraumwelle mit Wellenlänge λ_0 bezeichnet, aus dessen Überlagerung der relevante Modus entsteht; i bezeichnet eine Skalierungskonstante. Randstörungen an den Punkten A und B können vernachlässigt werden.



- 5.1 (6%) Finden Sie einen Ansatz für jene Moden der PPL, die einen reflexionsfreien Übergang von PPL zu DWL ermöglichen und die Wellengleichung erfüllen. Welche Moden sind dies? Berechnen Sie alle weiteren Komponenten. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand der PPL an.

5.2 (4%) Welche Bedingung müssen die Winkel α , β sowie Θ erfüllen um einen reflexionsfreien Übergang zu ermöglichen? Von welcher Ordnung ist der in der Skizze angedeutete Modus?

5.3 (4%) Berechnen Sie Θ als Funktion von α und β .

5.4 (6%) Für welche Frequenz f funktioniert der Übergang reflexionsfrei, wenn der Plattenabstand $d = 15 \text{ mm}$ beträgt, und der Winkel $\beta = 5^\circ$ beträgt?