

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 31.1.2011

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		15
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 lautet der Separationsansatz für die Wellenfunktion $\Psi(x, y, z)$?

1.3 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?

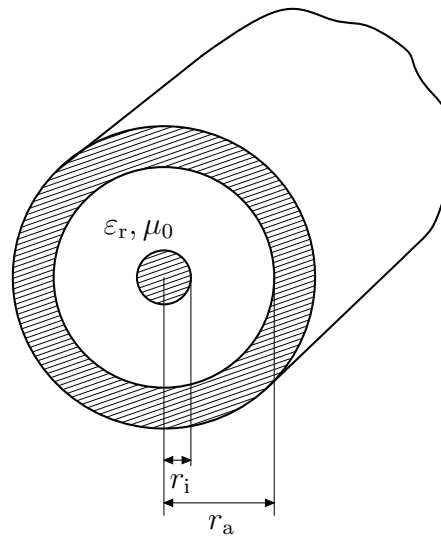
1.4 (2%) Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?

1.5 (2%) Geben Sie den Grundmodus der Parallelplattenleitung, des Rechteckhohlwellenleiters und des Koaxialkabels an!

- 1.6 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?
- 1.7 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.8 (2%) Welchen Gewinn hat ein Hertz'scher Dipol gegenüber einem Isotropstrahler?
- 1.9 (2%) Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!
- 1.10 (2%) Was ist ein Weibull-Plot und wie sieht darin eine Rayleigh-Verteilung aus?

2 Koaxialkabel (20%)

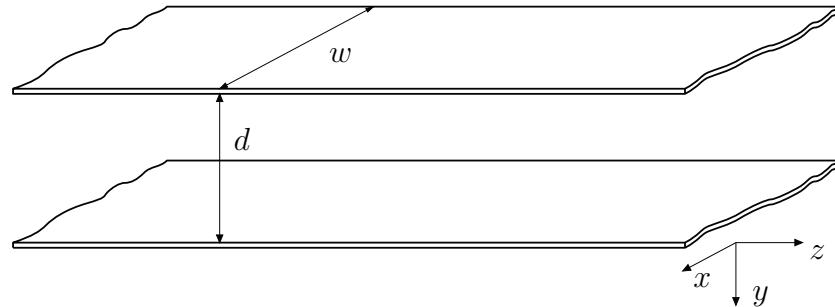
Name/Mat. Nr.: _____



- 2.1** (7%) Bestimmen Sie einen geeigneten Innenradius r_i des abgebildeten Koaxialkabels für $Z_L = 93 \, \Omega$. Der Außenradius sei $r_a = 8 \, \text{mm}$, das verwendete Dielektrikum habe $\epsilon_r = 2,95$.
- 2.2** (7%) Berechnen Sie die ohmschen Verluste α_R des Kabels für eine Leitfähigkeit des Innen- bzw. Außenleiters von $\sigma = 59,8 \cdot 10^6 \, \text{S/m}$ bei 430 MHz in dB/m.
- 2.3** (6%) Berechnen Sie die dielektrischen Verluste α_G des Kabels in dB/m für ein Dielektrikum mit $\tan \delta = 0,002$.

3 Parallelplattenleitung (15%)

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit von TM_n Moden auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $w \gg d$, $\varepsilon_r = 1$) untersucht werden.



- 3.1** (6%) Finden Sie einen Ansatz für die gefragten Moden, der die Wellengleichung erfüllt, und überprüfen Sie dies. Berechnen Sie alle weiteren Komponenten. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an.

3.2 (5%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand η , den Feldwellenwiderstand $Z_{W,n}$ und die Grenzfrequenz $f_{G,n}$ aller gefragten Moden!

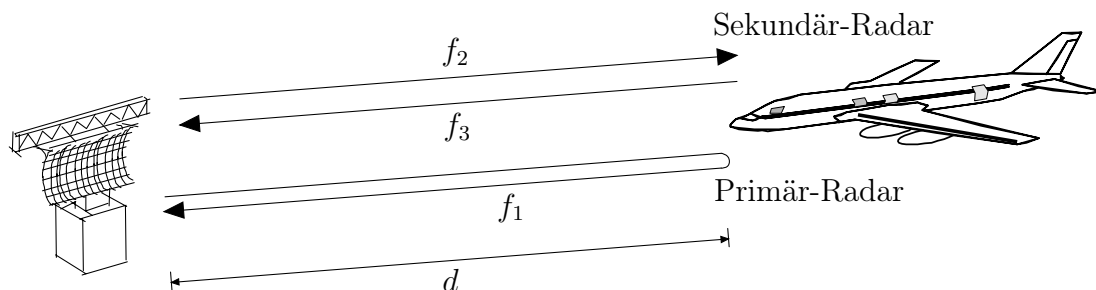
3.3 (4%) Leiten sie Gruppen- und Phasengeschwindigkeit aus der von der Kreisfrequenz abhängigen Wellenzahl in Ausbreitungsrichtung her!

4 Flughafenradar (25%)

Ein Flughafen setzt ein monostatisches Primär-Radar ein um die Entfernung der Flugzeuge zu messen. An den Sender mit einer Sendeleistung P_{s1} von 53 dBW bei $f_1 = 13$ GHz ist eine Antenne mit einem Gewinn G_{s1} von 40 dBi angeschlossen. Ein typisches Flugzeug habe einen Radarquerschnitt von $\sigma = 85 \text{ m}^2$. Der Empfänger des Primär-Radars habe eine Rauschtemperatur $T_1 = 320$ °K und eine Bandbreite $\Delta f_1 = 250$ MHz.

Wurde ein Flugzeug erkannt, so wird ein so genanntes Sekundär-Radar eingesetzt um es zu identifizieren. Ein zweiter Sender mit einer Sendeleistung P_{s2} bei $f_2 = 11 \cdot 10^3$ MHz sende über eine Antenne mit einem Gewinn G_{s2} von 14 dBi eine Anfrage an das Flugzeug. Dieses empfängt das Signal mit einer Antenne mit einem Gewinn G_{e2} von 2 dBi. Der Empfänger im Flugzeug habe eine Rauschtemperatur von $T_2 = 290$ °K und eine Bandbreite $\Delta f_2 = 0,5$ MHz. Wird das Signal empfangen, antwortet das Flugzeug auf einer Frequenz f_3 .

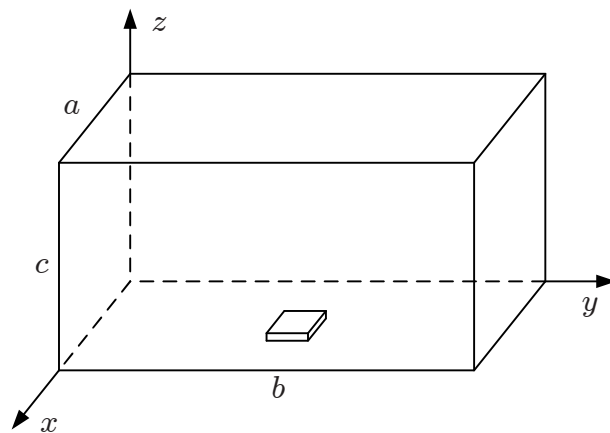
Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ws/°K}$



- 4.1 (12%) Berechnen Sie die maximale Reichweite d_{max} des Radars, wenn ein minimales SNR von 15 dB erreicht werden soll.
- 4.2 (8%) Welche Sendeleistung P_{s2} ist für das Sekundär-Radar notwendig damit im schlechtesten Fall am Flugzeug noch ein SNR von 18 dB erreicht werden kann?
- 4.3 (5%) Wieso ist die horizontale Abmessung der Radar-Antenne wie im Bild angedeutet größer als die vertikale Abmessung?

5 Toastscheibe in Mikrowellenherd (20%)

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



5.1 (3%) Berechnen Sie die Höhe der Garkammer c!

5.2 (5%) Berechnen Sie die Verluste in den Wänden des Mikrowellenherds, wenn die Amplitude $A = 1$ A/m beträgt. Die Felddbilder in einem quaderförmigen Resonator für den TE_{nmp} -Fall lauten:

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

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

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

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

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

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

- 5.3 (3%) Berechnen Sie die Leistungsaufnahmedichte in der Toastscheibe, wobei die Toastscheibe durch die komplexe Dielektrizitätskonstante $\delta = \varepsilon_0(1 - j1)$ charakterisiert ist.
- 5.4 (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
- 5.5 (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?
- 5.6 (+3%) Zusatzfrage: Wie und wo muss die Toastscheibe für optimalen Wirkungsgrad positioniert werden, ohne dabei zusätzliche Hilfsmittel zu verwenden?