

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 17. 5. 2010

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%) Welche Ausbreitungsphänomene werden durch eine Rayleigh- bzw. durch eine Rice-Verteilung beschrieben?
- 1.2 (2%) Nennen Sie je zwei Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!
- 1.3 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.4 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?
- 1.5 (2%) Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!

- 1.6 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?
- 1.7 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?
- 1.8 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?
- 1.9 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?
- 1.10 (2%) Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!

2 Radar (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 23 GHz und einem Antennengewinn von 45 dBi. In einer Entfernung von 10 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 50 cm geortet.

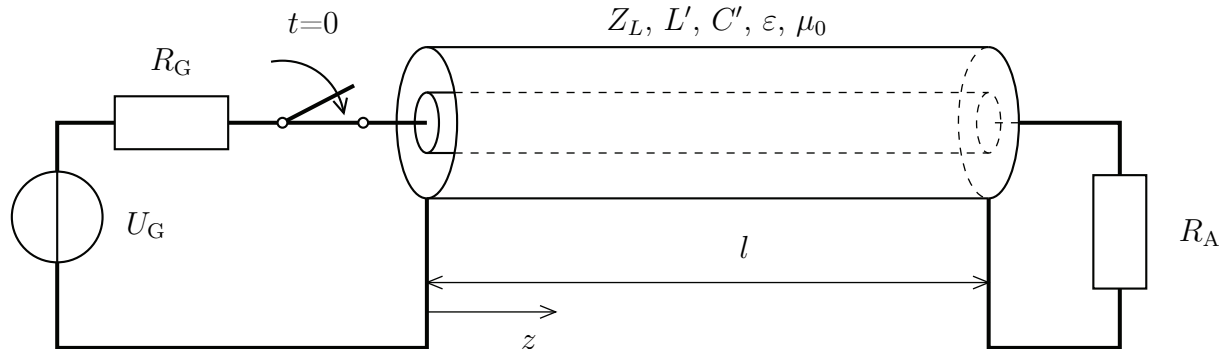
2.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

2.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 500 W beträgt?

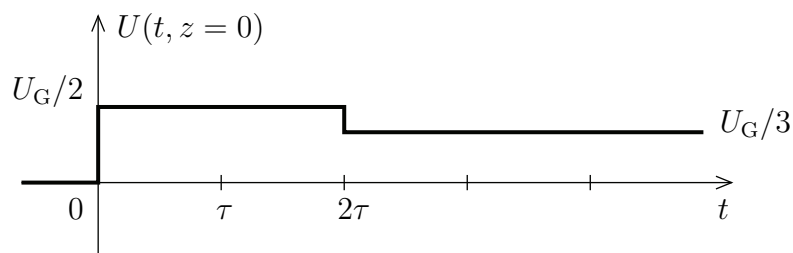
2.3 (5%) In welcher Entfernung kann der Retroreflektor noch erkannt werden, wenn die minimale Empfangsleistung -85 dBm beträgt?

3 Messung am Koaxialkabel (20%)

Ein verlustloses Koaxialkabel mit dem Wellenwiderstand Z_L , der Länge $l = 20$ m und dem Innenleiterradius $r_i = 1,5$ mm wird mit einem Generator mit Innenwiderstand $R_G = 50 \Omega$ und einem Abschlusswiderstand R_A wie in der Abbildung dargestellt verbunden.



Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Generator eingeschaltet. Am Eingang der Koaxialleitung (bei $z = 0$) wird folgender Spannungsverlauf gemessen. Dabei entspricht $\tau = 110$ ns der einfachen Laufzeit auf dem Koaxialkabel.



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

3.1 (3%) Berechnen Sie den Leitungswellenwiderstand Z_L des Koaxialkabels!

3.2 (3%) Berechnen Sie den Abschlusswiderstand R_A !

3.3 (3%) Berechnen Sie die Phasengeschwindigkeit v_p auf der Leitung!

3.4 (5%) Berechnen Sie die Beläge L' und C' des Koaxialkabels!

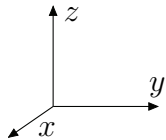
3.5 (6%) Berechnen Sie ε_r des Mediums und bestimmen Sie damit den Außenradius r_a des Koaxialkabels!

4 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

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

- 4.1 (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.

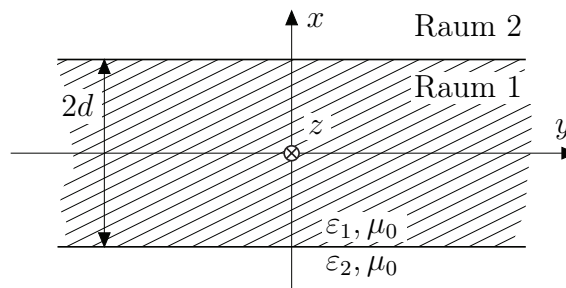


- 4.2 (8%)** Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!

- 4.3 (5%)** Berechnen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler und über dem Hertz'schen Dipol!

5 Dielektrische Platte (20%)

Berechnen Sie die Ausbreitungseigenschaften der H_{10} -ähnlichen Grundwelle (siehe Rechteckhohlleiter), die von einer in y - und z - Richtung unbegrenzten und in x -Richtung $2d$ dicken dielektrischen Platte (Raum 1) geführt wird (Raum 2 ist Luft)!



- 5.1 (6%) Finden Sie einen Ansatz für die Komponenten des elektromagnetischen Feldes in Ausbreitungsrichtung (positive z -Richtung) E_{z1} , E_{z2} , H_{z1} und H_{z2} der die Wellengleichung erfüllt und geben Sie die Separationsbedingungen an! Nutzen Sie die Symmetrie der Platte und berücksichtigen Sie nur $x > -d$!
- 5.2 (4%) Bestimmen Sie die restlichen Feldkomponenten!
- 5.3 (5%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an der Grenzfläche zwischen Luft und Dielektrikum weitere Beziehungen zur Bestimmung der Ausbreitungskonstanten. Reduzieren Sie die gewonnenen Beziehungen zu einer einzigen transzendenten Gleichung für die Ausbreitungskonstante in x -Richtung ausserhalb der Platte in Abhängigkeit der Frequenz ω !
- 5.4 (5%) Ermitteln Sie eine Gleichung für die Grenzfrequenz der Grundwelle. Die Grenzfrequenz ist durch den Übergang von der geführten Welle zur ungedämpften Abstrahlung in den Raum neben der Platte definiert!