

# Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 24.10.2011

---

## **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
$\Sigma$		100

# 1 Theoriefragen (20%)

- 1.1 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellschen Gleichungen für harmonische Vorgänge in komplexer Schreibweise an! Es sei Ladungsfreiheit angenommen. Verwenden Sie wenn möglich lediglich  $\vec{E}$  und  $\vec{H}$ .
- 1.2 (2%) Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit  $\tau_D$  angegeben und wie gross ist diese näherungsweise bei Kupfer?
- 1.3 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?
- 1.4 (2%) Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz der eindimensionalen homogenen Wellengleichung?
- 1.5 (2%) Erklären sie die Begriffe Mediumswellenwiderstand und Leitungswellenwiderstand sowie den Zusammenhang der Beiden bei einer allgemeinen Leitung.

- 1.6 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?
- 1.7 (2%) Was gibt der Radarstreuquerschnitt eines Objekts an? Erläutern Sie das zu Grunde liegende Konzept hinsichtlich der äquivalenten Abstrahlung.
- 1.8 (2%) Schreiben Sie zwei Definitionen des Antennengewinns an! Erklären Sie die verwendeten Größen und geben Sie ihre Einheiten an!
- 1.9 (2%) Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!
- 1.10 (2%) Beschreiben und skizzieren sie Aufbau und Eigenschaften einer Beverage-Antenne. Warum wird diese Antenne nur für Sender kleiner Leistung verwendet?

## 2 Mobilfunksystem (20%)

Name/Mat. Nr.: \_\_\_\_\_

Über ein Mobilfunksystem sind folgende Parameter bekannt: Betriebsfrequenz 1,8 GHz, Bandbreite 200 kHz, Zusatzrauschen des Empfängers 4 dB, minimal erforderliches SNR am Demodulator des Empfängers 14 dB, Gewinn der Empfangsantenne  $-3$  dBi. Die Sendeantenne ist eine typische Sektorantenne mit 1 m Höhe, 20 cm Breite und hat einen Gewinn von 15 dBi.

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

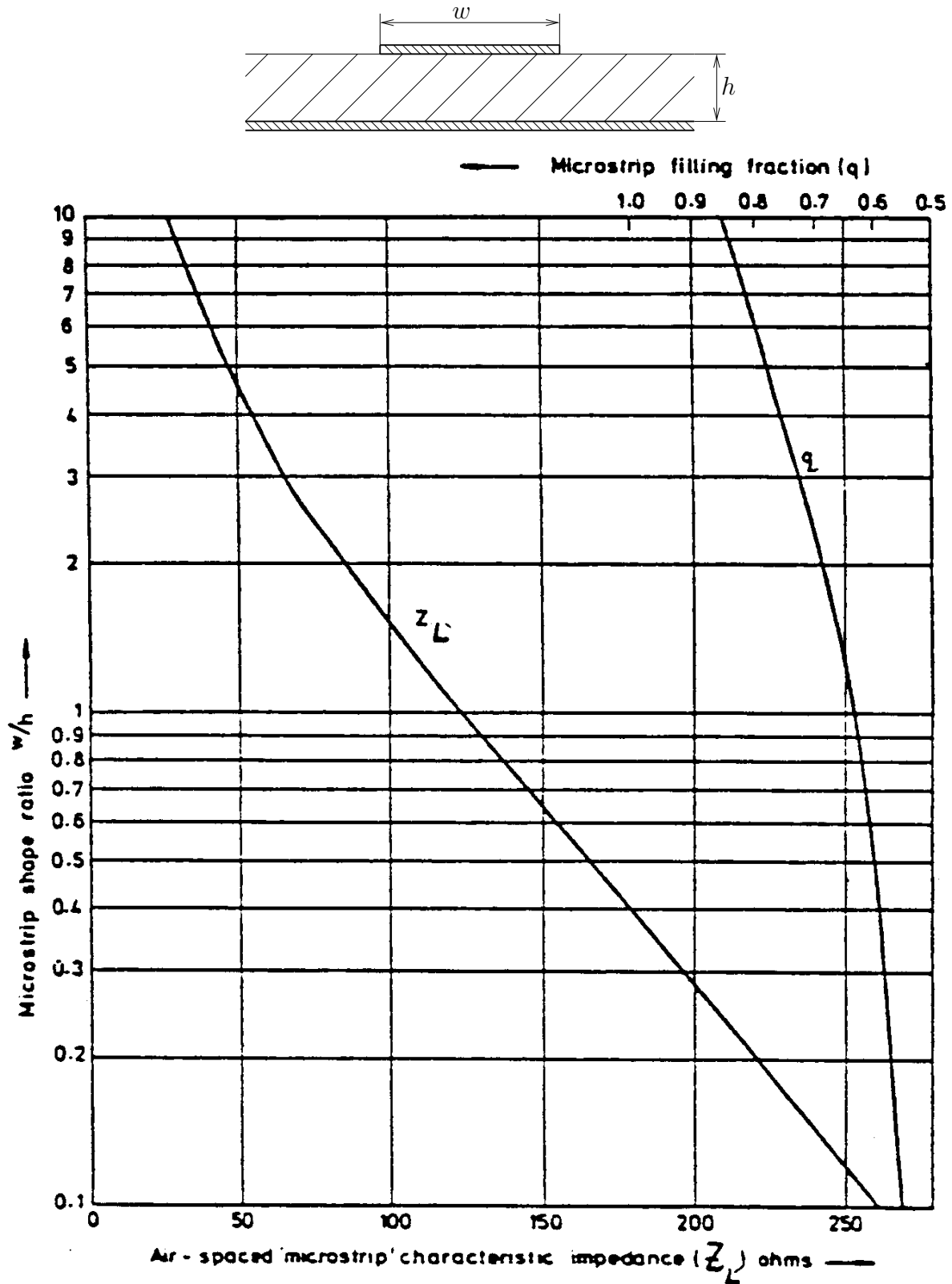
**2.1 (5%) In welcher Entfernung beginnt das Fernfeld dieser Sendeantenne?**

**2.2 (10%) Ermitteln Sie die maximal erlaubte Ausbreitungsdämpfung und die entsprechende Entfernung für eine Sendeleistung von 15 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!**

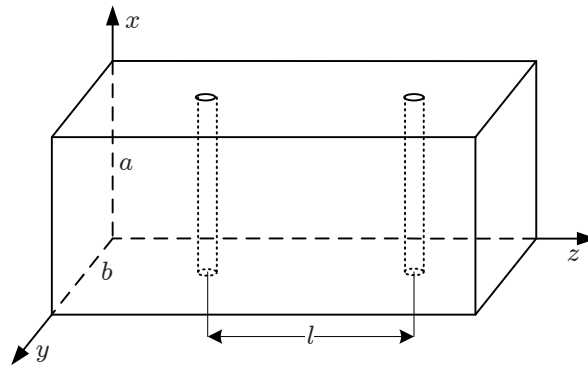
### 3 Mikrostreifenleitung (20%)

Dimensionieren Sie eine  $75\ \Omega$  Mikrostreifenleitung bei 7 GHz mit Hilfe des abgebildeten Nomogramms. Als Trägermaterial ist ein  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Keramiksубstrat ( $\epsilon_r = 9$ ) vorgesehen. Die Höhe des Trägermaterials ist  $h = 0,8\text{ mm}$ . Erklären Sie jeden Schritt Ihrer Vorgangsweise!



## 4 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  $l = 3$  m. Der Stahl habe eine Leitfähigkeit von  $\sigma = 1,2 \cdot 10^6$  S/m.



**4.1 (5%) Welche Moden sind in dem Innenraum der U Bahn-Garnitur ausbreitungsfähig?**

**4.2 (4%) Ermitteln sie die 4 Moden mit der niedrigsten Grenzfrequenz! Geben sie auch die Grenzfrequenzen an.**

- 4.3 (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?
- 4.4 (6%) Welche Dämpfung ergibt sich analog zu vorherigem Punkt bei Berücksichtigung der Verluste in den Stahlwänden?
- 4.5 (2%) Welche Dämpfung würde sich für die gleiche Distanz bei Freiraumübertragung ergeben? Dabei kann für die Antennen ein Gewinn von 2 dBi angenommen werden.

## 5 Speiseleitung einer Großsendeanlage (20%)

Die Antennengruppe einer Großsendeanlage bei der Frequenz  $f = 12040 \text{ kHz}$  wird mit einem 200 m langen Koaxialkabel gespeist. Das Koaxialkabel weist einen Innendurchmesser des Außenleiters von 20 cm auf. Der Innenleiter wird vereinzelt mittels keramischer Abstandshalter positioniert, ansonsten ist das Koaxialkabel gasgefüllt, wobei wahlweise Luft mit einer Durchschlagfeldstärke von  $E_{\text{DL}} = 2 \text{ kV/mm}$  oder Schwefelhexafluorid  $\text{SF}_6$  mit einer Durchschlagfeldstärke von  $E_{\text{DSF}_6} = 8 \text{ kV/mm}$  als Dielektrikum verwendet werden soll.

**5.1 (2%)** Skizzieren Sie den Sachverhalt.

**5.2 (5%)** Welcher Innenleiterdurchmesser ist für maximalen Leistungstransport in dem Kabel vorzusehen? Geben sie auch die verwendete Impedanz der Leitung an

**5.3 (5%)** Skizzieren Sie das Feldbild in der Koaxialleitung. Leiten Sie einen Ausdruck für die maximale elektrische Feldstärke in der Leitung aus dem Feldbild her und geben sie die maximale Leistung an die sich bei Verwendung von Luft als Dielektrikum ergibt.



**5.4** (3%) Auf welche Leistung läßt sich die übertragbare Leistung durch Verwendung von  $\text{SF}_6$  als Füllgas erhöhen?

**5.5** (5%) Wie viel Prozent der Sendeleistung gehen durch ohmsche Verluste in der Speiseleitung verloren, wenn die Leitfähigkeit des verwendeten Leitermaterials  $\sigma = 1,2 \cdot 10^6 \text{ S/m}$  beträgt?