

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?

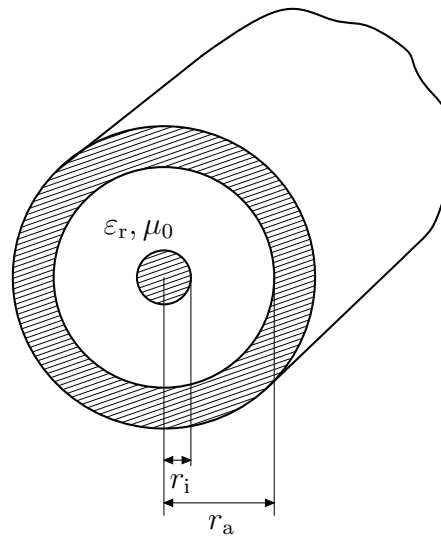
1.4 (2%) Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?

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%)

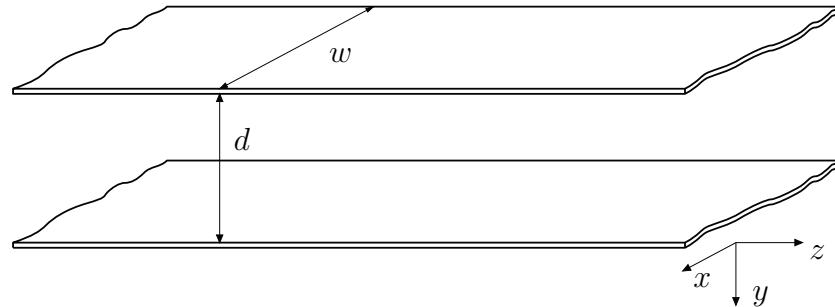
Name/Mat. Nr.: _____



- 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!

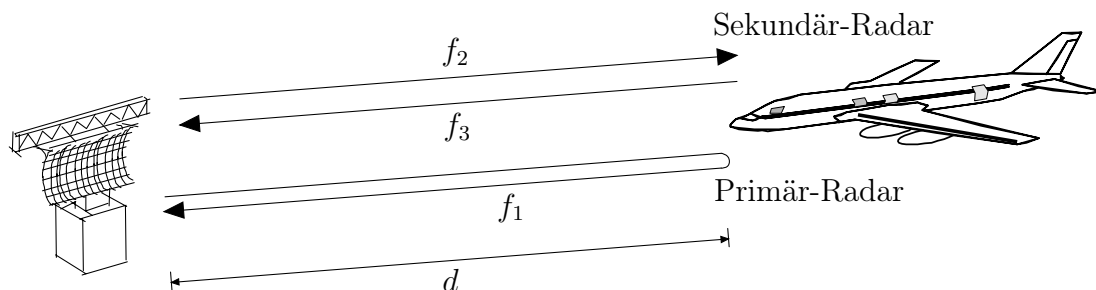
3.3 (4%) Leiten sie Gruppen- und Phasengeschwindigkeit aus der von der Kreisfrequenz abhängigen Wellenzahl in Ausbreitungsrichtung her!

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 .

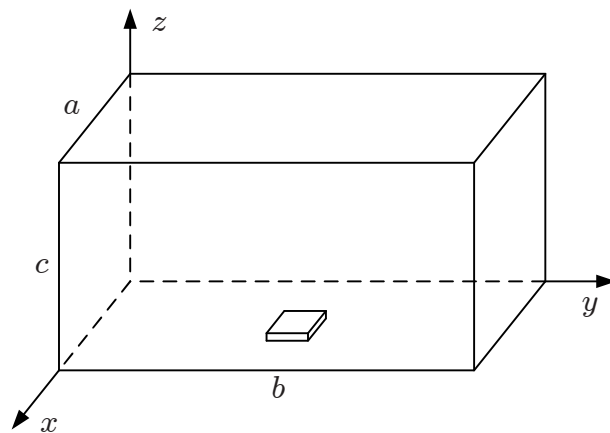
Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ws/°K}$



- 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?

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?

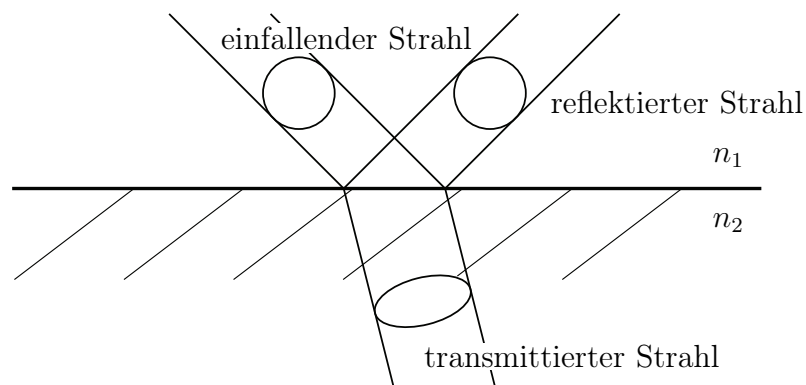
1.5 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

- 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.



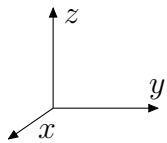
- 2.1 (5%)** Berechnen Sie Einfallswinkel Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!
- 2.2 (12%)** Berechnen Sie die TE und TM-Anteile (jeweils E und H) der einfallenden, der reflektierten und der transmittierten Welle!
- 2.3 (3%)** Berechnen Sie die Elliptizität 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 $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ws/°K}$

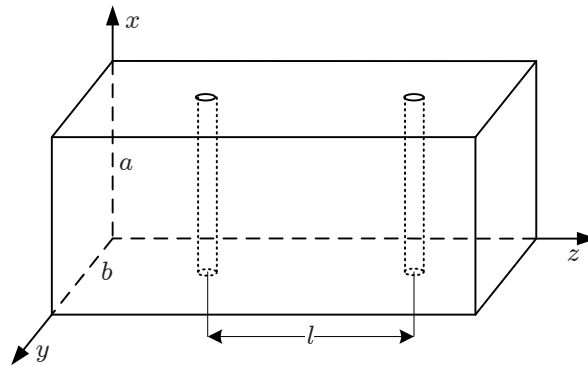
- 4.1 (12%) Berechnen Sie die maximale Reichweite vertikale Reichweite über Grund d_{\max} des Radars bei maximaler Flughöhe, wenn ein minimales SNR von 20 dB erreicht werden soll. Fertigen Sie zuerst eine Skizze des Sachverhalts an!**

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.

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 05.05.2011

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		15
3		25
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

1.2 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?

1.3 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x, y, z abhängige Wellenfunktion aus?

1.4 (2%) Was ist die Kontinuitätsgleichung? (Erklären Sie die auftretenden Größen und geben Sie ihre Einheiten an!)

1.5 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?

- 1.6 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?
- 1.7 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!
- 1.8 (2%) Welche Ausbreitungsphänomene werden durch eine Rayleigh- bzw. durch eine Rice-Verteilung beschrieben?
- 1.9 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Logarithmisch-Periodische-Antenne?
- 1.10 (2%) Beschreiben und skizzieren sie Aufbau und Eigenschaften einer Beverage-Antenne. Warum wird diese Antenne nur für Sender kleiner Leistung verwendet?

2 Wasserstoff Maser (15%)

Name/Mat. Nr.: _____

Wasserstoff Maser (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) verwenden die Hyperfeinstruktur des Wasserstoffs mit einer Energie von etwa $5,873 \cdot 10^{-6}$ eV zum Erzeugen einer extrem frequenzgenauen Mikrowellenstrahlung. Dazu wird angeregter atomarer Wasserstoff in einen passend dimensionierten Mikrowellenresonator eingebracht.

Der im Folgenden betrachtete Maser verwendet einen quaderförmigen Resonator aus silberbeschichteter Keramik ($\sigma = 61 \cdot 10^6$ S/m) mit quadratischer Grundfläche und der Höhe $b = 200$ mm, der im 101-Modus betrieben wird. Die Permittivität des in geringer Dichte eingebrachten Wasserstoffgases kann vernachlässigt werden.

Hinweis: Elementarladung $q_e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C,

Plancksches Wirkungsquantum $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js

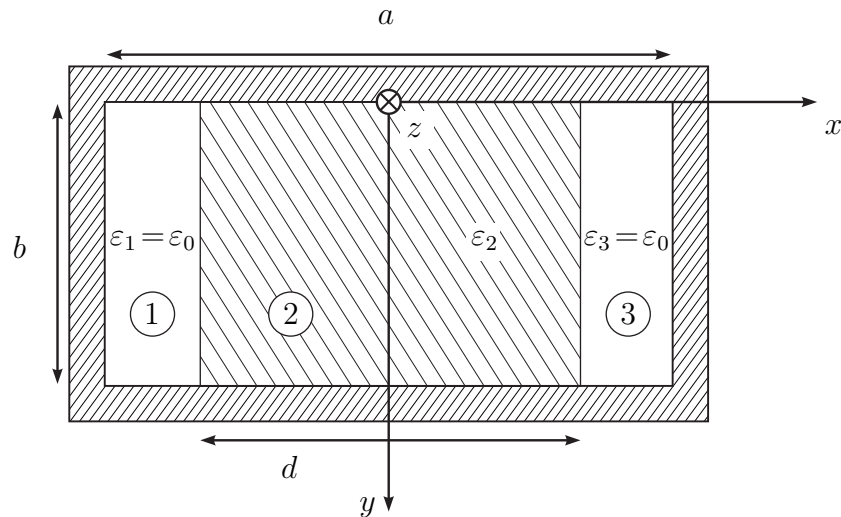
2.1 (5%) Berechnen Sie die Frequenz des Masers und daraus die restlichen Abmessungen des Resonators und skizzieren Sie diesen.

2.2 (6%) Berechnen Sie die unbelastete Güte des Resonators! Vereinfachen Sie zuerst die Formel unter der Berücksichtigung $a = c$! Setzen Sie dann Zahlenwerte ein!

2.3 (4%) Wasserstoff Maser haben eine Frequenzgenauigkeit von unter 1 Hz. Berechnen Sie die zulässige Abweichungen in allen Abmessungen des Resonators um die gleiche Genauigkeit nur durch den Resonator zu erhalten.

3 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (25%)

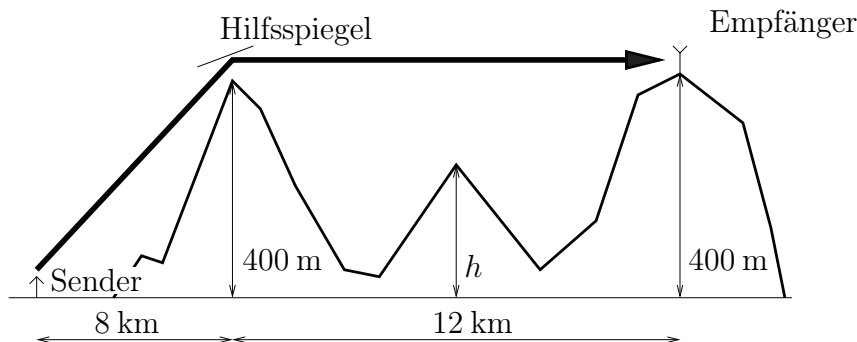
Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz. $\mu = \mu_0$.



- 3.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2, 3$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 3.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 3.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung!
- 3.4 (5%) Skizzieren Sie das Feldbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

4 Richtfunkstrecke mit Hilfsspiegel (20%)

Wie in der Skizze gezeigt, soll eine Richtfunkstrecke auf 11 GHz zwischen einem Sender und einem Empfänger in hügeligem Gelände über einen Hilfsspiegel realisiert werden. Der Streuquerschnitt des Hilfsspiegels ist $\sigma = 220 \text{ m}^2$, der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 400 K und eine Bandbreite von 6 MHz. Der Abstand zwischen Signalleistung und Rauschleistung muss mindestens 18 dB betragen. Die Empfangsantenne ist ein Parabolspiegel mit Durchmesser $D = 1,5 \text{ m}$ und einem Flächenwirkungsgrad von 0,8. Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ws/K}$



- 4.1 (6%) Welche Höhe h darf ein ungefähr in der Mitte zwischen Hilfsspiegel und Empfänger liegender Hügel maximal haben, ohne die Richtfunkstrecke nennenswert zu beeinträchtigen? Erklären Sie Ihre Argumentation!
- 4.2 (10%) Welche EIRP (in Watt und in dBW) muss die Sendeanlage erzeugen, damit der erforderliche Signal/Rausch-Abstand am Empfänger erreicht wird?
- 4.3 (4%) Welche Sendeleistung (in Watt und in dBW) ist nötig, wenn die Sendeanlage eine baugleiche Parabolantenne verwendet wie der Empfänger?

5 Speiseleitung einer Großsendeanlage (20%)

Die Antennengruppe einer Großsendeanlage bei der Frequenz $f = 6155 \text{ kHz}$ wird mit einem 150 m langen Koaxialkabel gespeist. Das Koaxialkabel weist einen Innendurchmesser des Außenleiters von 30 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 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 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 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?

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
Σ		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 τ_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.

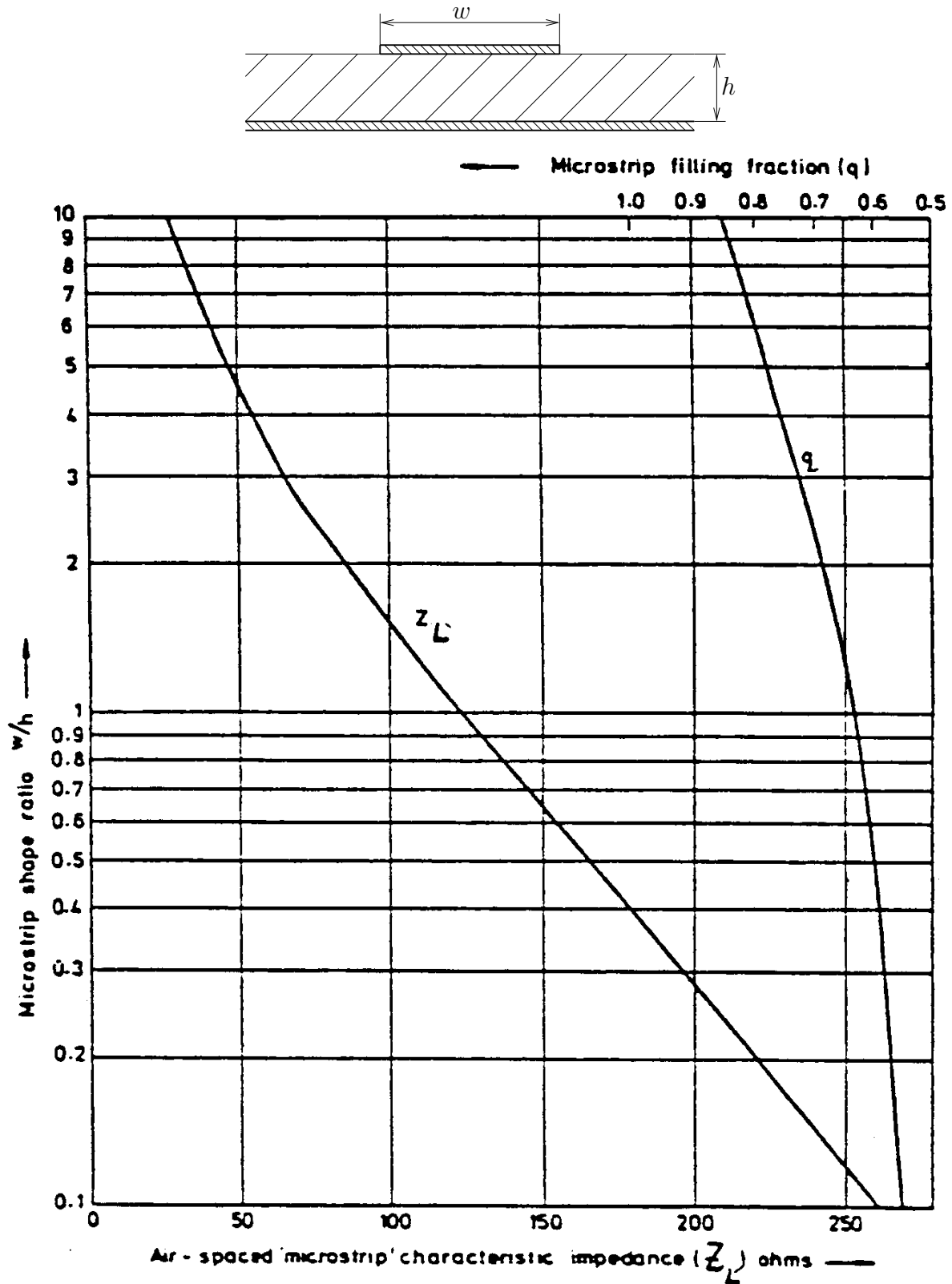
2.1 (5%) In welcher Entfernung beginnt das Fernfeld dieser Sendeantenne?

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!

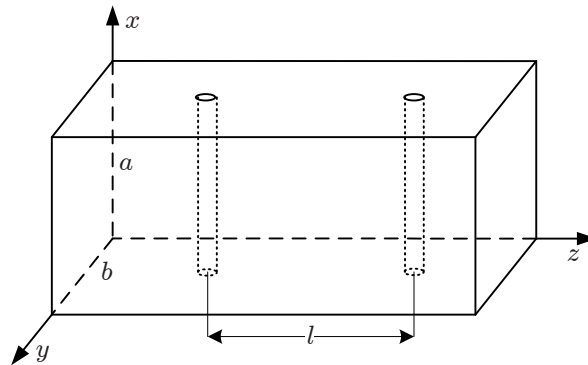
3 Mikrostreifenleitung (20%)

Dimensionieren Sie eine $75\ \Omega$ Mikrostreifenleitung bei 7 GHz mit Hilfe des abgebildeten Nomogramms. Als Trägermaterial ist ein Al_2O_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 Ubahn-Garnitur (20%)

Eine Ubahn-Garnitur hat einen näherungsweise quaderförmigen, aus Stahl gefertigten Innenraum mit der Höhe $a = 2,3$ m und der Breite $b = 2,6$ m. Die Ubahn 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 Ubahn-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 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 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?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 12.12.2011

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		25
3		15
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?

1.2 (2%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?

1.3 (2%) Nennen Sie je zwei Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!

1.4 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Datenübertragung über Wellenleitern!

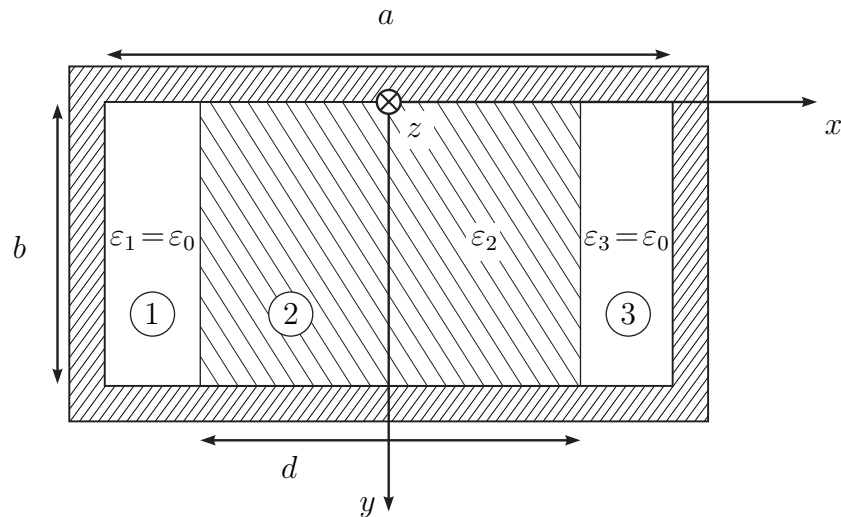
1.5 (2%) Erklären sie die Begriffe Mediumswellenwiderstand und Leitungswellenwiderstand sowie den Zusammenhang der Beiden bei einer allgemeinen Leitung.

- 1.6 (2%) Was besagt das Reziprozitätstheorem bei Antennen? Welche Voraussetzungen müssen gelten werden, damit es anwendbar ist?
- 1.7 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?
- 1.8 (2%) Ordnen Sie folgende Antennen *aufsteigend* nach (a) Länge, (b) Betrag der Eingangsimpedanz: $\lambda/2$ -Dipol, λ -Dipol, Hertz'scher Dipol
- 1.9 (2%) Was gibt das Stehwellenverhältnis an, und wo wird es verwendet?
- 1.10 (2%) Nennen Sie fünf wichtige elektrische Eigenschaften von Antennen!

2 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (25%)

Name/Mat. Nr.: _____

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz. $\mu = \mu_0$.



- 2.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2, 3$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 2.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 2.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung!
- 2.4 (5%) Skizzieren Sie das Feldbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

3 Radar (15%)

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 60 GHz und einem Antennengewinn von 40 dBi. In einer Entfernung von 1 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 20 cm geortet.

3.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

3.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 100 W beträgt?

4 HGÜ für Solarstrom aus der Sahara(20%)

Ein Solarpark in der Sahara mit einer Gesamtleistung von 2500 MW soll mittels Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) an Süditalien angebunden werden. Die Distanz zwischen den Umrichterstationen beträgt $l = 1200$ km. Der Umrichter in der Sahara hat eine Speiseimpedanz von 15Ω und gibt im Leerlauf eine Ausgangsspannung von 1000 kV an ein koaxiales Kabel mit PVC Dielektrikum (relative Permittivität $\varepsilon_r = 3,5$, Durchschlagfeldstärke $E_D = 35$ kV/mm) ab. Außen- und Innenleiter des Kabels sind aus Aluminium mit einer Leitfähigkeit $\sigma = 37 \cdot 10^6$ S/m.

4.1 (5%) Welche Innen- und Außenleiterradii sind für das Kabel vorzusehen, wenn dieses für 130 % der Nennspannung auszulegen ist und die Leitungsimpedanz für minimalen Materialverbrauch zu dimensionieren ist? Geben sie auch die verwendete Impedanz der Leitung an!

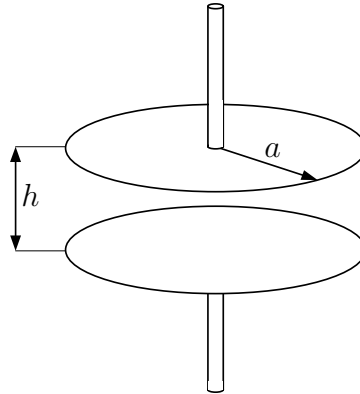
4.2 (5%) Welche Widerstände stellen Innen- bzw. Außenleiter des Koaxialkabels dar, wenn der Innenleiter massiv ausgeführt ist, und der Außenleiter die gleiche Masse aufweist wie der Innenleiter? Welche Verluste ergeben sich in Kabel und speisender Umrichterstation?

4.3 (6%) Welche Lastimpedanz stellt die Umrichterstation in Italien dar? Die Leitung wird nach Revisionsarbeiten zum Zeitpunkt $t = 0$ in Betrieb genommen. Welche Spannung ergibt sich jeweils an den Umrichterstationen in der Sahara bzw. in Italien für die Zeitpunkte $t = 0$, $t = 2,1 \cdot l/c$, $t = \infty$? ($c = c_0/\sqrt{\varepsilon_r}$) Für welchen Maximalstrom ist die Umrichterstation in der Sahara abzusichern?

4.4 (4%) Berechnen Sie die Kabelkapazität und Induktivität und die darin gespeicherten Energien!

5 Scheiben–Kondensator bei Hochfrequenz (20%)

Gegeben ist ein kreisscheibenförmiger Plattenkondensator, mit Scheibenradius a und Höhe h . Zwischen den Platten befindet sich ein Dielektrikum mit relativer Permittivität ε_r und Verlustwinkel $\tan \theta_D$.



- 5.1 (2%) Bestimmen Sie Parallel-Ersatzschaltbild des Kondensators $Y = G + jB$ bei Frequenz f aus der quasistationären Theorie unter Berücksichtigung der dielektrischen Verluste und Vernachlässigung der Ohmschen Verluste.
- 5.2 (4%) Nehmen Sie zunächst an, dass das elektrische Feld zwischen den Elektroden des Plattenkondensators homogen ist. Bestimmen Sie mit Hilfe des Durchflutungssatzes die magnetische Feldstärke $H(r)$ für $0 < r < a$ im Dielektrikum zwischen den Elektroden. Wählen Sie dafür zuerst einen geeigneten Integrationsweg Γ_1 und skizzieren Sie ihn. Nehmen Sie zunächst an, dass das elektrische Feld zwischen den Elektroden des Plattenkondensators homogen ist: $E_z = E_0 e^{j\omega t}$.

- 5.3** (5%) Benutzen Sie nun das Faraday'sche Induktionsgesetz, um mit dem Resultat von Punkt 5.2 eine Korrektur des homogenen E-Feldes zu bestimmen. Wählen Sie einen geeigneten Integrationsweg Γ_2 und skizzieren Sie ihn.
- 5.4** (3%) Bestimmen Sie die im zeitlichen Mittel gespeicherte elektrische Energie im Kondensator bei Frequenz f unter Berücksichtigung der Korrektur in Punkt 5.3.
- 5.5** (3%) Bestimmen Sie die im zeitlichen Mittel gespeicherte magnetische Energie im Kondensator bei Frequenz f unter Verwendung des Resultats in Punkt 5.2.
- 5.6** (3%) Bei welcher kritischen Frequenz f_c erwarten Sie, dass sich der Kondensator induktiv verhält, anstatt kapazitiv? Nehmen Sie dafür die konkreten Werte $\varepsilon_r = 4,7$, $a = 5 \text{ cm}$ und $h = 1,5 \text{ mm}$ an.

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 30.01.2011

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%)

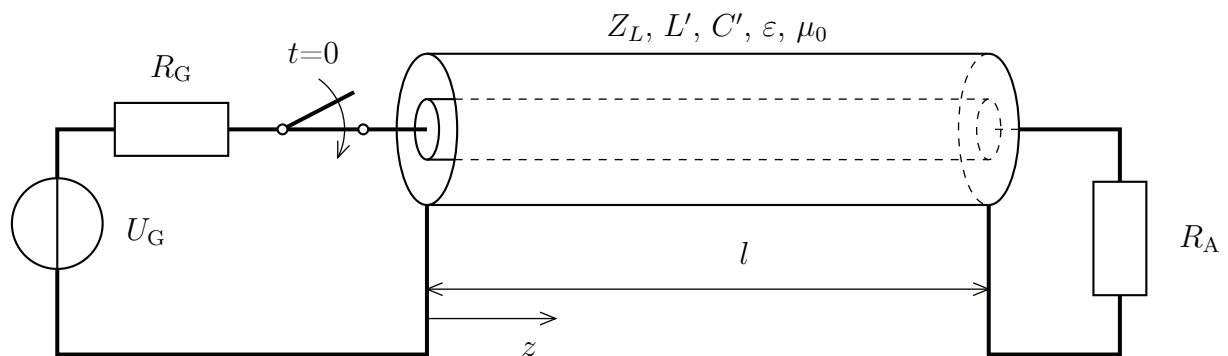
- 1.1 (2%) Welcher grundsätzliche Zusammenhang (Proportionalität) besteht zwischen Empfangsleistung und Sendeleistung als Funktion der Distanz bei leitungsgeführter Strahlung und bei Freiraumausbreitung?
- 1.2 (2%) Wie groß ist die Wellenzahl einer HEW im Vakuum bei $f = 500 \text{ MHz}$?
- 1.3 (2%) Erklären Sie den Begriff des Oberflächenwiderstandes. Wo tritt dieser bei der Power Loss Method auf?
- 1.4 (2%) Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?
- 1.5 (2%) Wie lautet der Separationsansatz für die Wellenfunktion $\Psi(x, y, z)$?

- 1.6 (2%) Was besagt das Reziprozitätstheorem bei Antennen? Welche Voraussetzungen müssen gelten werden, damit es anwendbar ist?
- 1.7 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!
- 1.8 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.9 (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.
- 1.10 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !

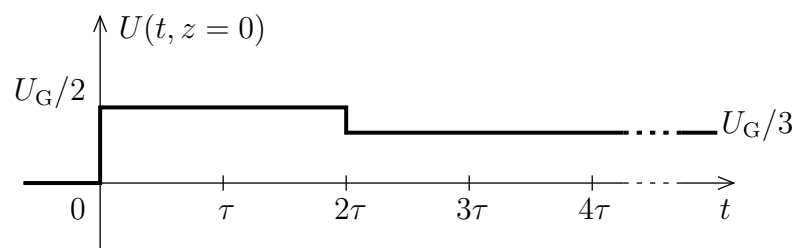
2 Messung am Koaxialkabel (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Ein verzerrungsfreies, näherungsweise verlustloses Koaxialkabel mit dem Wellenwiderstand Z_L , der Länge $l = 120$ m und dem Innenleiterradius $r_i = 1,5$ mm wird mit einem Generator mit Innenwiderstand $R_G = 75 \Omega$ 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 $\tau = 1200$ ns der einfachen Laufzeit auf dem Koaxialkabel.



Hinweis: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$, $\epsilon_0 = 8,8541 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$

2.1 (3%) Berechnen Sie den Leitungswellenwiderstand Z_L des Koaxialkabels!

2.2 (3%) Berechnen Sie den Abschlusswiderstand R_A !

2.3 (3%) Berechnen Sie die Gruppengeschwindigkeit v_G auf der Leitung!

2.4 (5%) Berechnen Sie die Beläge L' und C' des Koaxialkabels!

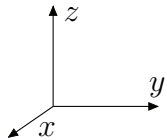
2.5 (6%) Berechnen Sie ε_r des Mediums und bestimmen Sie damit den Außenradius r_a des Koaxialkabels!

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.



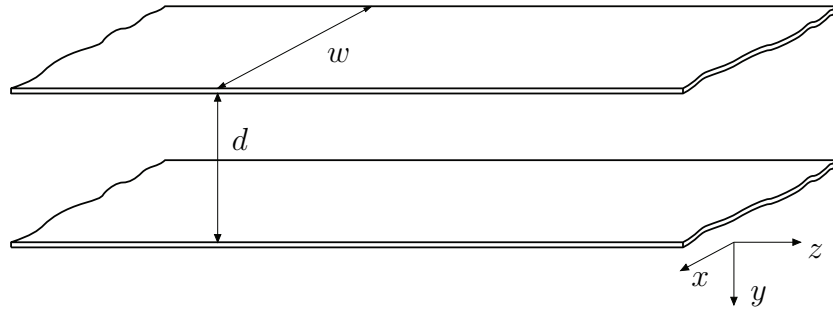
- 3.2 (8%)** Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!

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

4 Dämpfungsbelag der Parallelplattenleitung (20%)

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit des TEM Modus in z -Richtung auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $\varepsilon_r = 6,2$) untersucht werden.

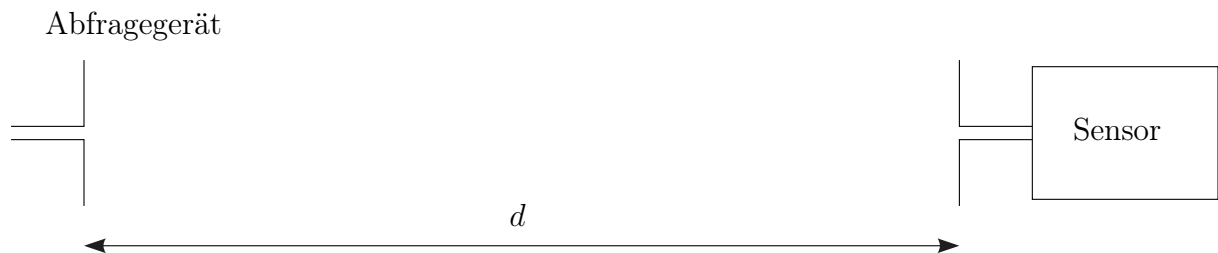
Hinweis: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$, $\varepsilon_0 = 8,8541 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$



- 4.1 (4%) Berechnen Sie die Komponenten des gefragten Modus, finden Sie einen Ansatz der die Wellengleichung erfüllt, ermitteln Sie die Separationsbedingungen. Passen Sie Ihren Ansatz an die Randbedingungen an! Verwenden Sie dabei die Näherung $w \gg d$. Welche Komponenten verschwinden?
- 4.2 (5%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand, den Leitungswellenwiderstand und die Grenzfrequenz des gefragten Modus für $w = 8 \text{ mm}$, $d = 1,5 \text{ mm}$! Geben Sie alle zur Berechnung notwendigen Schritte an und leiten Sie im Besonderen den Leitungswellenwiderstand mit Hilfe der Netzwerkktheorie her!
- 4.3 (8%) Berechnen Sie mittels der Power Loss Method den Dämpfungskoeffizienten für den gefragten Modus in dB/m. Das Metall sei durch $\sigma_{\text{Cu}} = 57 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ charakterisiert, die Frequenz sei 62 GHz. Geben Sie alle zur Berechnung notwendigen Schritte an!
- 4.4 (3%) Zeichnen Sie die tatsächlichen Feldbilder ohne Verwendung der Näherung $w \gg d$ in zwei Ansichten! Welche Wellentypen sind prinzipiell auf dieser Leitung ausbreitungsfähig?

5 Drahtloser Temperatursensor (20%)

Ein drahtloser Temperatursensor soll aus $d = 8$ m Distanz per Funk (865 MHz, 2 W Sendeleistung) ausgelesen werden. Vereinfachend wird angenommen, dass das Abfragegerät und der Sensor mit optimal ausgerichteten, verlustbehafteten ($w = 0,5$) Hertz'schen Dipolen ausgestattet sind. Es wird eine Welle zum Sensor geschickt, die vom Sensor zeitverzögert und um 35 dB geschwächt reflektiert wird. Das Abfragegerät schaltet während der Zeitverzögerung auf Empfang und registriert das Sensorsignal.



5.1 (4%) Gilt für diese Anordnung die Annahme, dass sich der Sensor in der Fernzone der Antenne des Abfragegerätes befindet? Nehmen Sie die wirksame Antennenfläche als kreisförmig an!

5.2 (4%) Berechnen Sie die vom Sensor empfangene Leistung!

5.3 (4%) Wie groß ist die Differenz zwischen der gesendeten Leistung und der am Abfragegerät empfangenen Leistung in dB (Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät)?

5.4 (8%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (ohne Rauschen) der Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät. Geben Sie alle Pegel bzw. Änderungen auf den Teilstrecken an (in dBm bzw. in dB)!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 20.03.2012

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%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

1.4 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?

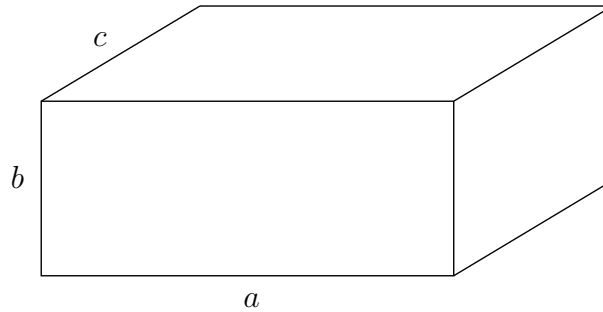
1.5 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

- 1.6 (2%) Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!
- 1.7 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 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 $\lambda/2$!

2 Hohlraumresonator (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Berechnen Sie den Grundmodus TE_{101} eines luftgefüllten ($\varepsilon_r = 1$) Hohlraumresonators (Abmessungen: $a = 3 \text{ cm}$, $b = 1 \text{ cm}$, $c = 3 \text{ cm}$) mit $\mathbb{R}_M = 300 \text{ m}\Omega$.



2.1 (5%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz!

2.2 (5%) Berechnen Sie die unbelastete Güte! Vereinfachen Sie zuerst die Formel unter der Berücksichtigung $a = c$! Setzen Sie dann Zahlenwerte ein!

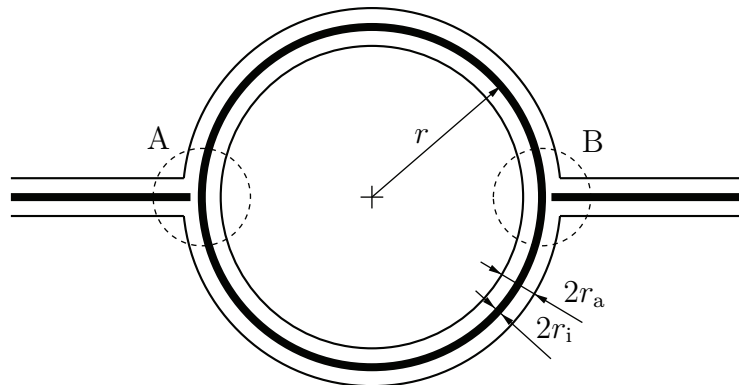
2.3 (3%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die unbelastete Güte, wenn der Hohlraumresonator mit einem verlustlosen Dielektrikum $\varepsilon_r = 2,5$ gefüllt ist!

2.4 (4%) Adaptieren Sie die Abmessungen des Resonators, um trotz Verwendung des Dielektrikums wieder die ursprüngliche Resonanzfrequenz zu erhalten. Ändern Sie dabei all jene Abmessungen in gleichem Maße, die einen Einfluss auf die Resonanzfrequenz haben!

2.5 (3%) Welche unbelastete Güte ergibt sich für diesen verkleinerten Resonator?

3 Dimensionierung eines Resonators (20%)

Ein Stück Koaxialkabel mit $Z_L = 75 \Omega$ wird zu einem Ring-Resonator mit mittlerem Radius $r = 4 \text{ cm}$ verbunden. An einer Stelle A wird Leistung eingekoppelt, gegenüber, an der Stelle B, wird Leistung entnommen. Die genaue Anbindung der Zu- und Ableitung, sowie die konkrete Leistung sind zu vernachlässigen. Das Koaxialkabel hat einen Außenradius $r_a = 7 \text{ mm}$ und einen Innenradius r_i . Das Dielektrikum hat $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ und $\mu = \mu_0$.



3.1 (10%) Dimensionieren Sie die fehlenden Parameter der Koaxialleitung ε_r und r_i so, dass der Resonator für $f_{\text{Res}} = 1 \text{ GHz}$ resonant ist.

3.2 (10%) Vor dem Verbinden des Kabels zu einem Ring wurde eine Dämpfung von $a_G = 0,15 \text{ dB}$ gemessen. Ohmsche Verluste a_R sind zu vernachlässigen. Berechnen Sie die Güte Q des Resonators aufgrund der dielektrischen Verluste α_G .

4 Mars Odyssey Radar (20%)

Um für die Marssonde „Phoenix“ geeignete Landeplätze zu erkunden, wurden 2005 mit der den Mars umkreisenden Raumsonde „Odyssey“ Radar-Bilder der Marsoberfläche erzeugt. Die Messungen wurden bi-statisch durchgeführt: Als Sendestation fungierte das Stanford Research Institute in Kalifornien mit einer Parabolantenne mit 46 m Durchmesser, einem Wirkungsgrad $w = 54\%$ und einer Sendeleistung P_S von 30 kW.

Die Raumsonde „Odyssey“ überfliegt den Mars in einer Flughöhe von $h = 400$ km und ist mit einer Empfangsantenne mit einem Gewinn von 4,8 dBi ausgerüstet, die Empfängerrauschtemperatur beträgt $T = 500$ K, wobei ein Empfangsfilter mit 28 kHz Bandbreite eingesetzt wird. In der betrachteten Zeit betrug die Distanz Erde–Mars etwa $75 \cdot 10^9$ m

Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ Ws/K, Angaben aus Gunnarsdottir et al.¹

4.1 (3%) Skizzieren Sie den Sachverhalt auf dem Mars und tragen Sie alle relevanten Daten ein! Nehmen Sie dabei an, dass sich Erde, „Odyssey“ und Mars auf einer Linie befinden.

4.2 (5%) Berechnen Sie die Strahlungsleistungsdichte T_e auf der Marsoberfläche die durch den Sender in Kalifornien erzeugt wird.

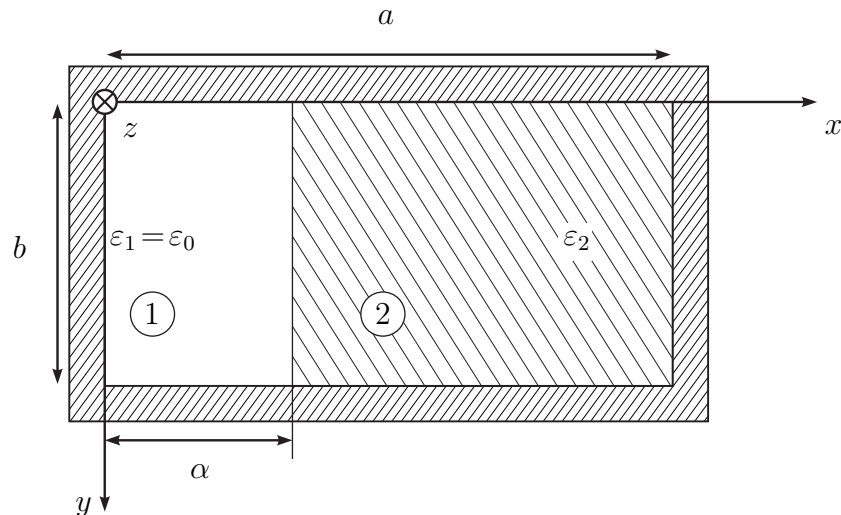
¹H. M. Gunnarsdottir, I. R. Linscott, J. L. Callas, M. D. Cousins, R. A. Simpson, and G. L. Tyler, “Root-mean-square surface slopes of Phoenix landing sites with 75-cm bistatic radar received by Mars Odyssey,” *J. Geophys. Res. (Planets)*, vol. 113, no. E12, Jun. 2008

4.3 (7%) Berechnen Sie die differentielle Empfangsleistung dP_r bei der Sonde, die durch ein Flächenelement dA des Marsbodens mit dem flächenbezogenen Streuquerschnitt $\hat{\sigma} = 3,4 \cdot 10^6$ entsteht.

4.4 (5%) Wie groß ist die Fläche an Marsboden die zu Empfangsleistung beiträgt, damit sich ein SNR von 10 dB ergibt?

5 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (20%)

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz. $\mu = \mu_0$



- 5.1 (6%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 5.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 5.3 (6%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung!
- 5.4 (4%) Skizzieren Sie das Feldbild längs (x/z und y/z) und quer (x/y) zur Ausbreitungsrichtung eines Rechteckhohlleiters ohne zusätzlichen Kunststoffeinsatz im TE_{11} Modus!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 22.10.2012

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%)

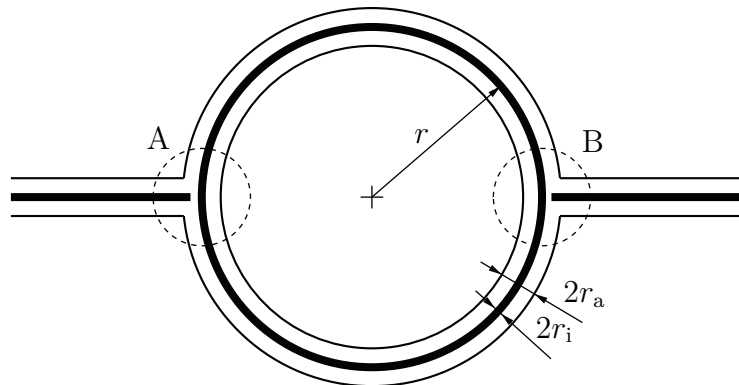
- 1.1 (2%) Worin unterscheidet sich eine gedämpfte Welle von einem abklingenden evaneszenten Feld?
- 1.2 (2%) Erklären sie die Begriffe Mediumswellenwiderstand und Leitungswellenwiderstand sowie den Zusammenhang der Beiden bei einer allgemeinen Leitung.
- 1.3 (2%) Erklären Sie den Begriff des Oberflächenwiderstandes. Wo tritt dieser bei der Power Loss Method auf?
- 1.4 (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.
- 1.5 (2%) Warum haben Mikrowellenöfen, die bei 2,45 GHz arbeiten, immer einen etwa 3 cm breiten Türfalz?

- 1.6 (2%) Sie wollen bei einem bestehenden Design einer Logarithmisch-Periodische-Antenne die Bandbreite zu tiefen Frequenzen hin vergrößern: Wo fügen Sie ein Element welcher Länge hinzu? (Skizze!)
- 1.7 (2%) Was gibt das Stehwellenverhältnis an, und wo wird es verwendet?
- 1.8 (2%) Skizzieren Sie den Strahlengang einer Offset-Feed Parabolantenne
- 1.9 (2%) Welche Ausbreitungsphänomene werden durch eine Rayleigh- bzw. durch eine Rice-Verteilung beschrieben?
- 1.10 (2%) Ein Radarsystem arbeitet mit einer Impulssendeleistung von 1 kW. Welche Sendeleistung benötigen Sie, wenn das SNR um 6 dB verbessert werden soll?

2 Dimensionierung eines Resonators (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Ein Stück Koaxialkabel mit $Z_L = 95 \Omega$ wird zu einem Ring-Resonator mit mittlerem Radius $r = 4 \text{ cm}$ verbunden. An einer Stelle A wird Leistung eingekoppelt, gegenüber, an der Stelle B, wird Leistung entnommen. Die genaue Anbindung der Zu- und Ableitung, sowie die konkrete Leistung sind zu vernachlässigen. Das Koaxialkabel hat einen Außenradius $r_a = 9 \text{ mm}$ und einen Innenradius r_i . Das Dielektrikum hat $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ und $\mu = \mu_0$.



2.1 (10%) Dimensionieren Sie die fehlenden Parameter der Koaxialleitung ε_r und r_i so, dass der Resonator für $f_{\text{Res}} = 1 \text{ GHz}$ resonant ist.

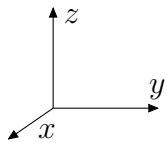
2.2 (10%) Vor dem Verbinden des Kabels zu einem Ring wurde eine Dämpfung von $a_G = 0,09 \text{ dB}$ gemessen. Ohmsche Verluste a_R sind zu vernachlässigen. Berechnen Sie die Güte Q des Resonators aufgrund der dielektrischen Verluste α_G .

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 Richtfunkstrecke (20%)

Für eine Richtfunkstrecke bei 6 GHz steht ein Sender mit einer Sendeleistung von $P = 17$ dBm zur Verfügung. Daran angeschlossen ist eine optimal ausgerichtet Antenne mit einem Gewinn $G_s = 30$ dBi. In einer Entfernung $d = 4,5$ km steht der Empfänger mit einer Antenne mit dem Gewinn $G_e = 26$ dBi.

4.1 (5%) In welcher Höhe muss die Richtfunkverbindung mindestens montiert werden, wenn in der Mitte der Strecke Sender-Empfänger ein Haus mit 25 m Höhe befindet?

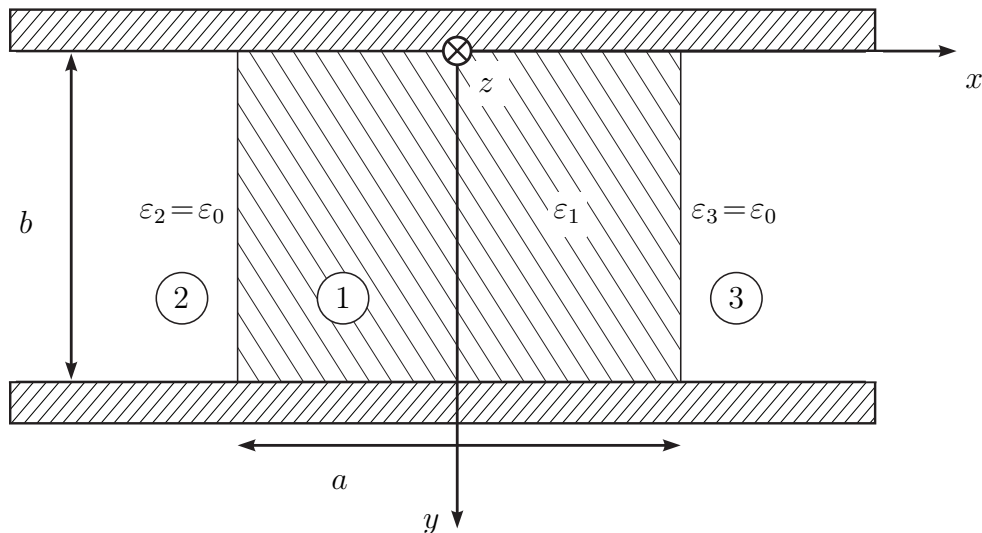
4.2 (6%) Berechnen Sie die empfangene Leistung (in dBm)!

4.3 (9%) Bei Bauarbeiten wird die Sendeantenne versehentlich um einen Winkel $\Delta\varphi = 10^\circ$ verdreht. Um welchen Wert in (dB) ändert sich das SNR am Empfänger? Die Richtcharakteristik der Antenne lautet:

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \sin^{28}(\vartheta) \sin^{30}(\varphi) & \text{für } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

5 Dielektrischer Stab zwischen Metallplatten (20%)

Gegeben sei ein Dielektrischer Stab mit Permittivität ε_2 , der zwischen zwei näherungsweise unendlich ausgedehnten Platten befestigt ist. Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften. Untersuchen Sie die Ausbreitung eines TE-Modus, dessen Feldverteilung homogen in y ist. $\mu = \mu_0$.



- 5.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten nicht einschränkenden Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2, 3$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 5.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 5.3 (8%) Bestimmen Sie für den Fall von zur y/z -Ebene symmetrischen elektrischen Feldern die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung! Gewinnen Sie diese aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen.

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 10.12.2012

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%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?
- 1.2 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?
- 1.3 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x, y, z abhängige Wellenfunktion aus?
- 1.4 (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} .
- 1.5 (2%) Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit τ_D angegeben und wie gross ist diese näherungsweise bei Kupfer?

- 1.6 (2%) Ordnen Sie folgende Antennen *aufsteigend* nach (a) Länge, (b) Betrag der Eingangsimpedanz: $\lambda/2$ -Dipol, λ -Dipol, Hertz'scher Dipol
- 1.7 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?
- 1.8 (2%) Schreiben Sie zwei Definitionen des Antennengewinns an! Erklären Sie die verwendeten Größen und geben Sie ihre Einheiten an!
- 1.9 (2%) Welchen Gewinn hat ein Hertz'scher Dipol gegenüber einem Isotropstrahler?
- 1.10 (2%) Nennen Sie fünf wichtige elektrische Eigenschaften von Antennen!

2 Radar (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 15 GHz und einem Antennengewinn von 33 dBi. In einer Entfernung von 2 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 10 cm geortet.

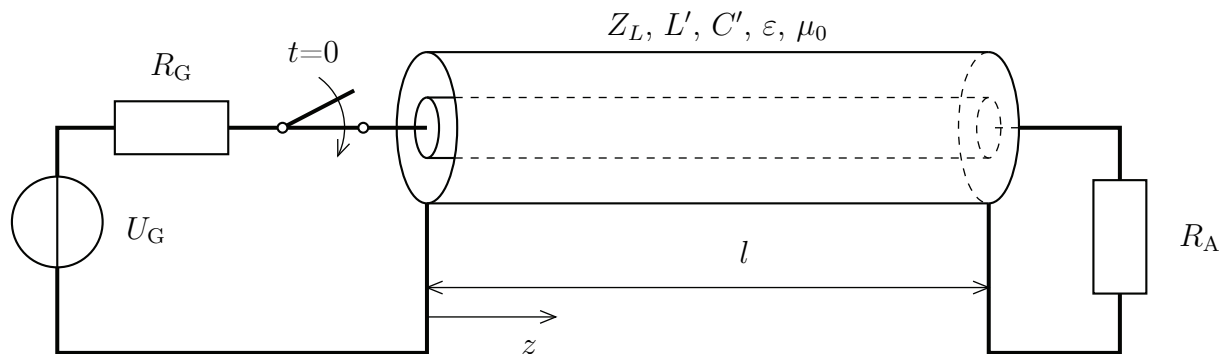
2.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

2.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 200 W beträgt?

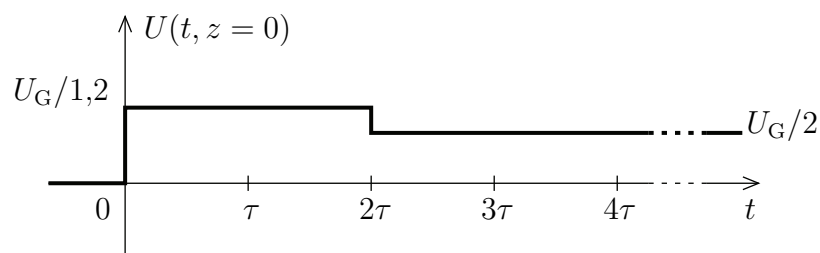
2.3 (5%) In welcher Entfernung kann der Retroreflektor noch erkannt werden, wenn die minimal detektierbare Empfangsleistung -90 dBm beträgt?

3 Messung am Koaxialkabel (20%)

Ein verzerrungsfreies, näherungsweise verlustloses Koaxialkabel mit dem Wellenwiderstand Z_L , der Länge $l = 150 \text{ m}$ und dem Innenleiterradius $r_i = 2 \text{ mm}$ wird mit einem Generator mit Innenwiderstand $R_G = 30 \Omega$ 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 $\tau = 550 \text{ ns}$ 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 Gruppengeschwindigkeit v_G 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 Richtfunkstrecke (20%)

Für eine Richtfunkstrecke bei 5,8 GHz steht ein Sender mit einer Sendeleistung von $P = 17$ dBm zur Verfügung. Daran angeschlossen ist eine optimal ausgerichtete, verlustlose Antenne mit einem Gewinn $G_s = 31$ dBi. In einer Entfernung $d = 8$ km steht der Empfänger mit einer Antenne mit dem Gewinn $G_e = 16$ dBi.

4.1 (5%) In welcher Höhe muss die Richtfunkverbindung mindestens montiert werden, wenn in der Mitte der Strecke Sender-Empfänger ein Haus mit 25 m Höhe befindet?

4.2 (6%) Berechnen Sie die empfangene Leistung (in dBm)!

- 4.3 (5%)** Die Richtcharakteristik $f(\vartheta, \varphi)$ der Sendeantenne ist bis auf die Variable $m \in \mathbb{N}$ gegeben, $A = 1,03$. Berechnen Sie m .

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \sqrt{4\pi} A \cos^m(\vartheta) \sin^{32}(\varphi) \sqrt{\cos(\varphi)} & \text{für } 0 \leq \varphi \leq \pi/2, \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

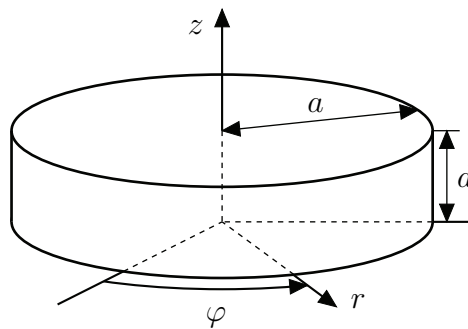
- 4.4 (4%)** Bei Bauarbeiten wird die Sendeantenne versehentlich um einen Winkel $\Delta\theta = 10^\circ$ verdreht, φ bleibt konstant. Um welchen Wert in (dB) ändert sich das SNR am Empfänger?

5 Verluste im Resonator (20%)

Der abgebildete Resonator mit dem Radius a und der Höhe d wird im TM_{010} Modus betrieben. Er ist mit Luft gefüllt. Das Feldbild berechnet sich dabei zu

$$\begin{aligned} E_r &= 0 \\ E_\varphi &= 0 \\ E_z &= E_0 J_0(k_r r) \\ H_r &= 0 \\ H_\varphi &= \frac{j\omega\varepsilon}{k_r} E_0 J_1(k_r r) \\ H_z &= 0 \end{aligned}$$

Die Separationsbedingung lautet $k_r^2 + k_z^2 = \omega^2/c_0^2$. Beim konkreten Modus folgen aus den Randbedingungen $k_z = 0$ (entsprechend verschwindet oben E_r und es fehlen die $\cos(k_z z)$ Terme) und $k_r a = 2,4048$ (aus der ersten Nullstelle der Besselfunktion $J_0(k_r a) = 0$).



5.1 (2%) Berechnen Sie allgemein die Resonanzfrequenz des Resonators für den gefragten Modus.

5.2 (15%) Berechnen Sie allgemein die unbelastete Güte des Resonators für den gefragten Modus unter Berechnung der gespeicherten Energie und der Verluste im Metall.

Hinweis: $dF = r dr d\varphi$ und $dV = r dr d\varphi dz$

Hinweise zur Integration der Besselfunktionen:

$$\int x J_0^2(\alpha x) dx = \frac{x^2}{2} [J_1^2(\alpha x) + J_0^2(\alpha x)] \text{ und}$$

$$\int x J_1^2(\alpha x) dx = \frac{x^2}{2} \left[J_0^2(\alpha x) - \frac{2}{\alpha x} J_0(\alpha x) J_1(\alpha x) + J_1^2(\alpha x) \right]$$

5.3 (3%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die unbelastete Güte des Resonators bei einer spezifischen Leitfähigkeit des Metalls von $\sigma = 57 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ für die Abmessungen $a = 42 \text{ mm}$ und $d = 5 \text{ mm}$.

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 16. 8. 2006

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebältern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer mitzuteilen, es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Mat. Nr.:	
Punkte	%	von %
1		
2		
3		
4		
5		
Σ		

1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz der eindimensionalen homogenen Wellengleichung?

1.2 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!

1.3 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P}, \vec{T} definiert? Wie berechnet man daraus die Blindleistungsflussdichte?

1.4 (2%) Was verstehen Sie unter dem Grundmodus eines Hohlwellenleiters?

1.5 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

1.6 (2%) Welche Richtcharakteristik und welchen Gewinn hat ein Hertz'scher Dipol?

1.7 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!

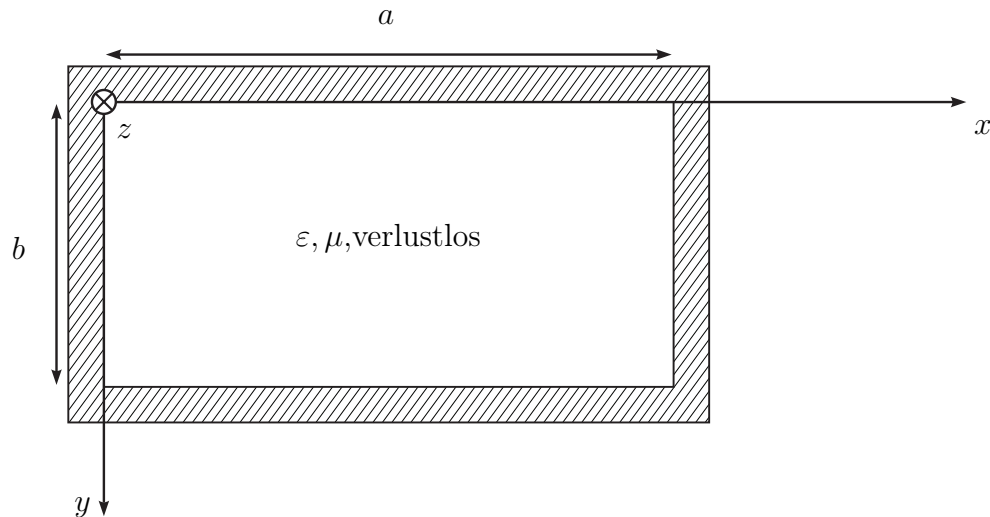
1.8 (2%) Nennen Sie 2 breitbandige Antennen!

1.9 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?

1.10 (2%) Nennen Sie 5 wichtige Eigenschaften von Antennen!

2 Rechteckhohlleiter (25%)

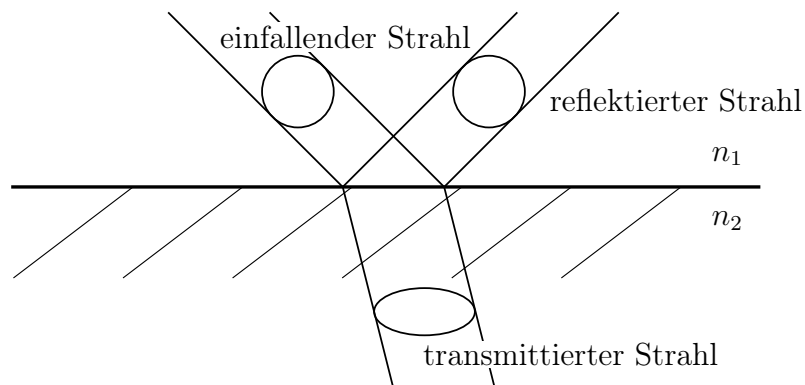
Untersuchen Sie die Ausbreitung einer TE_{10} Welle in z Richtung im skizzierten Rechteckhohlleiter.



- 2.1** (7%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten des gewünschten Modus in Ausbreitungsrichtung, der die Wellengleichung erfüllt. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an.
- 2.2** (3%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her. Welche verschwinden?
- 2.3** (12%) Der Hohlleiter wird im X-Band eingesetzt und hat die Abmessungen bzw. Kenndaten $a = 22,86 \text{ mm}$, $b = 10,16 \text{ mm}$, $\varepsilon_r = 1$, $\mu = \mu_0 \mu_r = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$. Er wird bei 10 GHz betrieben. Berechnen Sie die maximale elektrische Feldstärke bei einer übertragenen Leistung von 56 dBW.
- 2.4** (3%) Ist die Verwendung dieses Hohlleiters bei einer Durchschlagsfeldstärke von 15 kV/cm (Luft) möglich? Wenn es nicht möglich ist, wie kann man dies ermöglichen?

3 Polarisationsfilter (15%)

Ein Lichtstrahl der Sonne (unpolarisiert, aber TM, TE gleich stark) fällt zu später Stunde ($\theta_e = 80^\circ$) auf einen See ($n_2 = 1,33$). An der glatten Wasseroberfläche wird er reflektiert. Zwei Fotografen fotografieren diese Landschaft. Der zweite verwendet ein ideales Polarisationsfilter um die Reflexion der Sonne im Wasser zu unterdrücken.



3.1 (7%) Wie groß ist die (gesamte) reflektierte Lichtleistung im Verhältnis zur eingestrahnten (in dB)? Zeichnen Sie alle verwendeten Winkel ein.

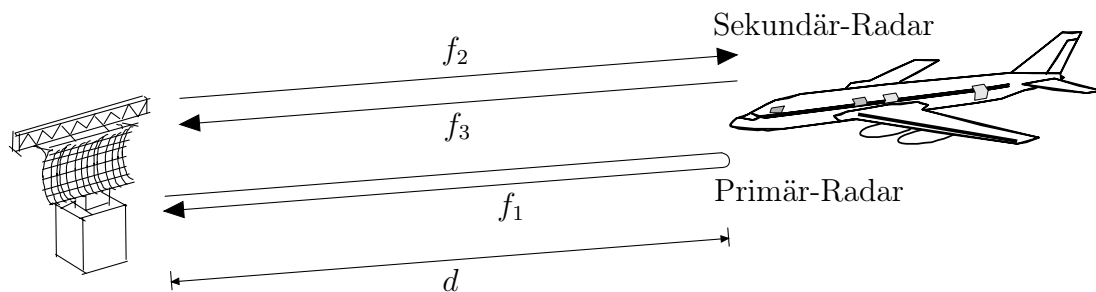
3.2 (8%) Wie gut kann das ideal eingesetzte Polarisationsfilter des zweiten Fotografen die Reflexion im Vergleich zum ersten Fotografen unterdrücken (in dB)?

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 44 dBW bei $f_1 = 2,8$ GHz ist eine Antenne mit einem Gewinn G_{s1} von 40 dBi angeschlossen. Ein typisches Flugzeug habe einen Radarquerschnitt von $\sigma = 100$ m². Der Empfänger des Primär-Radars habe eine Rauschtemperatur $T_1 = 160$ °K und eine Bandbreite $\Delta f_1 = 200$ 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 $f_2 = 1030$ MHz sende über eine Antenne mit einem Gewinn G_{s2} von 10 dBi eine Anfrage an das Flugzeug. Dieses empfängt das Signal mit einer Antenne mit einem Gewinn G_{e2} von 3 dBi. Der Empfänger im Flugzeug habe eine Rauschtemperatur von $T_2 = 200$ °K und eine Bandbreite $\Delta f_2 = 1$ MHz. Wird das Signal empfangen, antwortet das Flugzeug auf einer Frequenz f_3 .

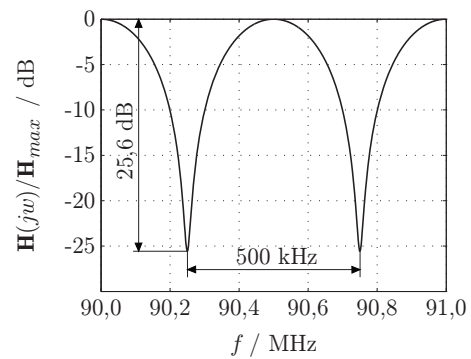
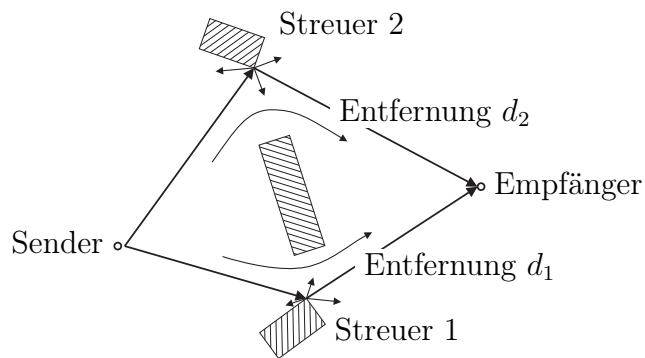
Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ Ws/°K



- 4.1 (13%) Berechnen Sie die maximale Reichweite d_{max} des Radars, wenn ein minimales SNR von 13 dB erreicht werden soll.
- 4.2 (9%) Welche Sendeleistung P_{s2} ist für das Sekundär-Radar notwendig damit im schlechtesten Fall am Flugzeug noch ein SNR von 20 dB erreicht werden kann?
- 4.3 (3%) Wieso ist die horizontale Abmessung der Radar-Antenne wie im Bild angedeutet größer als die vertikale Abmessung?

5 Kanalmessung (15%)

Bei einer Kanalmessung des skizzierten NLOS (Non-Line-Of-Sight) Szenarios sendet der Sender mit einer konstanten frequenzunabhängigen Amplitude A . Es wird die angegebene normierte Übertragungsfunktion ermittelt. Die Entfernung d_1 beträgt 1,2 km.



5.1 (7%) Wie groß ist die Entfernung d_2 ?

5.2 (8%) Um welchen Faktor (in dB) unterscheiden sich die empfangenen Leistungen aus Richtung Streuer 1 und Streuer 2?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 16. 10. 2006

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		25
3		15
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

- 1.1 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellschen Gleichungen für harmonische Vorgänge in komplexer Schreibweise an! Es sei Ladungsfreiheit angenommen.
- 1.2 (2%) Wie lautet der Separationsansatz für die Wellenfunktion $\Psi(x, y, z)$?
- 1.3 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P}, \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?
- 1.4 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!
- 1.5 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!

1.6 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?

1.7 (2%) Nennen Sie 2 schmalbandige Antennen!

1.8 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?

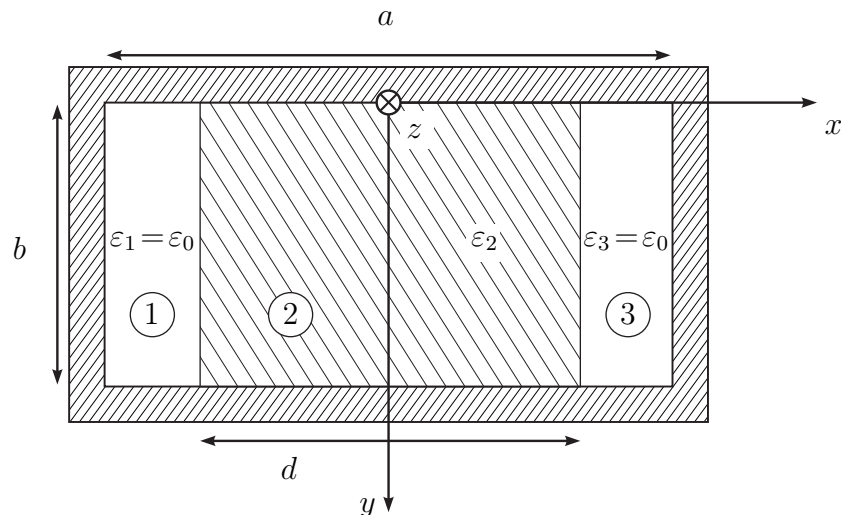
1.9 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?

1.10 (2%) Wie unterscheidet man Nah- und Fernzone einer Antenne?

2 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (25%)

Name/Mat. Nr.: _____

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz.



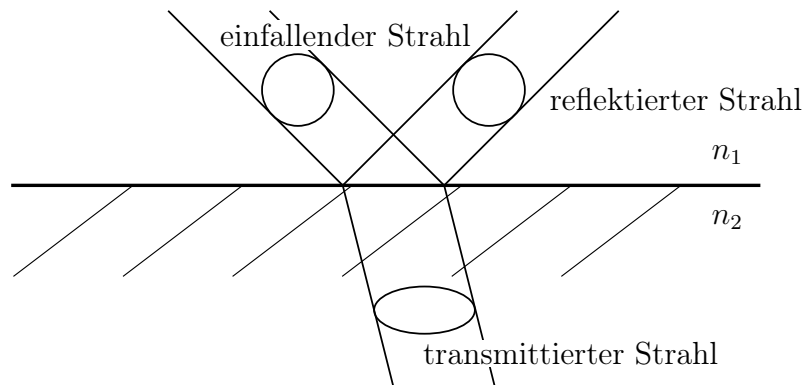
Medium 1 und 3 ist Luft mit ε_0 und μ_0 .

Medium 2 ist ein Dielektrikum mit $\varepsilon_0\varepsilon_{r,2}$ und μ_0 .

- 2.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $H_{z,1}$, $H_{z,2}$ und $H_{z,3}$, der die Wellengleichung erfüllt!
- 2.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 2.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an der Grenzfläche zwischen Luft und Dielektrikum die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante!
- 2.4 (5%) Skizzieren Sie das Felddbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

3 Übergang von Vakuum nach Glas (15%)

Eine zirkular polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 2 \text{ mm}^2$ und einer Leistung von $P = 1 \text{ mW}$ wird unter dem Brewster-Winkel auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,5$) eingestrahlt.



3.1 (4%) Berechnen Sie Einfallswinkel θ_e , Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!

3.2 (7%) Berechnen Sie die TE und TM-Anteile (E und H) der reflektierten und der transmittierten Welle!

3.3 (4%) Berechnen Sie die Elliptizität der reflektierten und der transmittierten Welle in dB!

4 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine Antenne habe das Richtdiagramm

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \cos^{16}(\vartheta) & \text{für } 0 < \vartheta < \pi/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

4.1 (7%) Skizzieren (und beschriften) Sie das Richtdiagramm in zwei Ansichten!

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

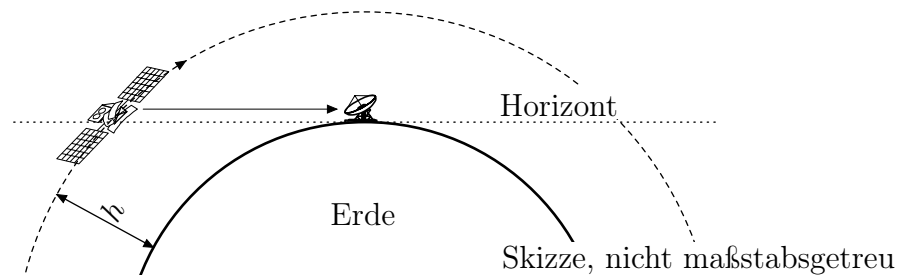
4.3 (5%) Berechnen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler und über dem Hertz'schen Dipol!

5 Satellitenfunk (20%)

Der Satellit MOST fliegt in einer erdnahen Umlaufbahn in $h = 820$ km Höhe um die Erde (Erdradius $r = 6370$ km). Er sendet bei $f = 2232$ MHz mit einer Sendeleistung von $P_s = 0,5$ W bei einer Bandbreite von $\Delta f = 78$ kHz und seine Antenne hat einen Gewinn von 0 dBi. Zwischen Sender und Antenne befinden sich Kabel mit 2 dB Verlusten.

Die Bodenstation in Wien verwendet einen Parabolspiegel mit einem Gewinn von 35 dBi der dem Satelliten bei seinem Überflug folgt und der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 115 °K.

Nehmen Sie eine zusätzliche Dämpfung (Wetter,...) von 5 dB der Atmosphäre an.



- 5.1 (13%) Berechnen Sie das SNR (in dB) für den Fall, dass sich der Satellit genau am Horizont befindet.
- 5.2 (7%) Um wieviel dB verbessert sich das SNR wenn sich der Satellit genau über Wien befindet?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 20. 11. 2006

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		20
3		20
4		25
5		15
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

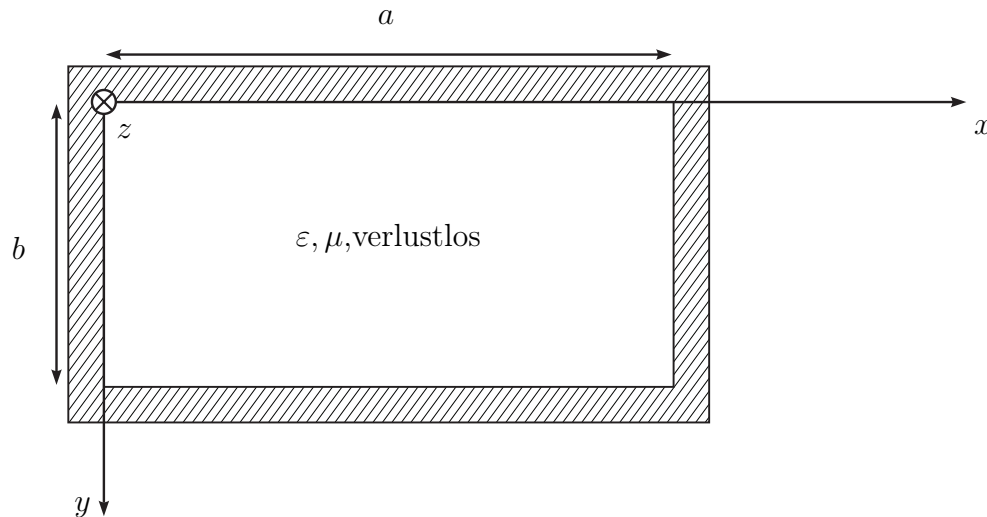
- 1.1 (2%) Nennen Sie je 2 Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!
- 1.2 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x, y, z abhängige Wellenfunktion aus?
- 1.3 (2%) Was verstehen Sie unter dem Grundmodus eines Hohlwellenleiters?
- 1.4 (2%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?
- 1.5 (2%) Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?

- 1.6 (2%) Welche Richtcharakteristik und welchen Gewinn hat ein Hertz'scher Dipol?
- 1.7 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!
- 1.8 (2%) Schreiben Sie zwei Gewinndefinitionen an! Erklären Sie die verwendeten Größen!
- 1.9 (2%) Nennen Sie 2 schmalbandige Antennen!
- 1.10 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?

2 Rechteckhohlleiter (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Untersuchen Sie die Ausbreitung von $TE_{m,n}$ Wellen in z Richtung im skizzierten Rechteckhohlleiter.

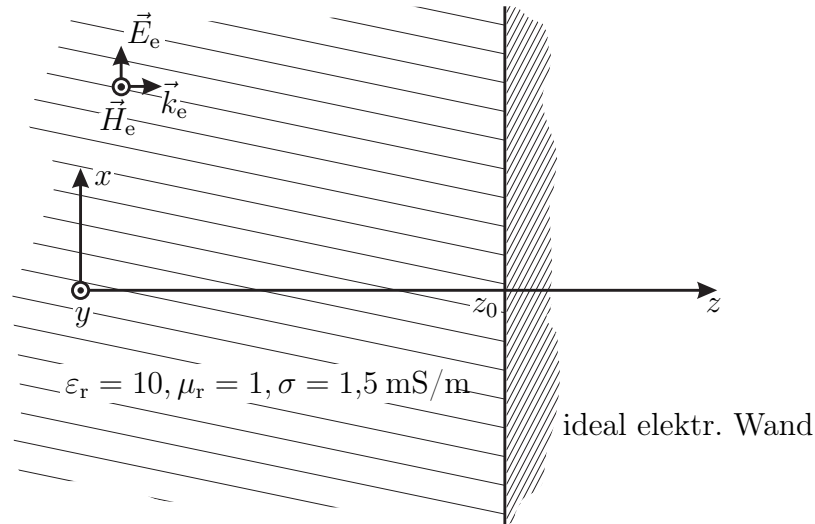


- 2.1 (7%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten des gewünschten Modus in Ausbreitungsrichtung, der die Wellengleichung erfüllt. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an.
- 2.2 (5%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her! Welche verschwinden?
- 2.3 (3%) Berechnen Sie die Hohlleiterwellenlängen, die Grenzwellenlängen und die Grenzfrequenzen aller gefragter Moden als Funktion von m und n ! Ist ein TEM Modus ausbreitungsfähig? Wieso? Wenn ja, welche Grenzwellenlänge bzw. Feldwellenwiderstand hat er?
- 2.4 (5%) Berechnen und skizzieren Sie das Dispersionsdiagramm für die TE_{10} , TE_{11} , TE_{20} Moden für $a = 4 \text{ cm}$, $b = 2 \text{ cm}$, $\epsilon_r = 4$, $\mu_r = 1$, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$. Achten Sie auf die Beschriftung! Geben Sie die Grenzfrequenzen an! In welchem Frequenzbereich ist nur ein einziger Modus ausbreitungsfähig? Welcher?

3 Stehende Welle im verlustbehafteten Medium (20%)

Eine sich im verlustbehafteten Medium (z.B.: trockener Erdboden) ausbreitende ebene Welle mit $f = 22$ MHz wird von einer auf die Ausbreitungsrichtung senkrecht stehenden metallischen Wand mit unendlicher Leitfähigkeit reflektiert (siehe Abbildung). Die Amplitude der einfallenden Welle bei $z = 0$ beträgt 10 V/m.

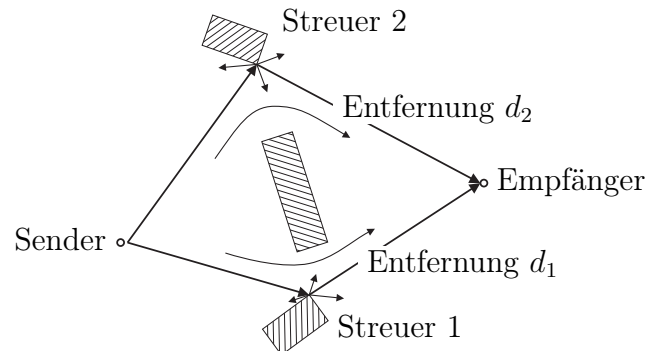
Hinweis: $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ As/Vm, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am.



- 3.1 (1%) Wie groß ist die Phasengeschwindigkeit v_P ?
- 3.2 (5%) Setzen Sie die einfallende Welle an (\vec{E}_e und \vec{H}_e) und berechnen Sie die Wellenzahl k_e . Wie groß ist die Dämpfung in dB/m?
- 3.3 (2%) Berechnen Sie die komplexe Amplitude und den zeitlichen Verlauf der einfallenden Welle am Ort der metallischen Wand $z_0 = 5$ m!
- 3.4 (6%) Finden Sie einen Ansatz für die reflektierte Welle (\vec{E}_r und \vec{H}_r)! Wie muss der zeitliche Verlauf der reflektierten Welle aussehen, damit die Randbedingungen erfüllt sind?
- 3.5 (6%) Berechnen Sie die Hüllkurve des Gesamtfeldes!

4 Zeitinvariante Zweiwegeausbreitung (25%)

Zwei gleich starke Strahlen, die von einer omnidirektionalen Sendeantenne (Isotropstrahler) ausgehen, werden an der Empfangsantenne superponiert. Der Weg des zweiten Strahles d_2 ist um 20% länger als $d_1 = 1500$ m. Die Feldstärke des ersten Strahles am Empfänger sei E_0 . Anmerkung: Nehmen Sie die Streuer als ideal reflektierend an!



- 4.1 (2%) Berechnen Sie die Laufzeiten beider Strahlen!
- 4.2 (2%) Wie groß ist die Feldstärke des zweiten Strahles (relativ zum ersten Strahl) am Empfänger?
- 4.3 (10%) Berechnen Sie die Gesamtfeldstärke am Empfänger!
- 4.4 (11%) Berechnen und zeichnen Sie (in dB, bezogen auf E_0) den Verlauf des Betrages der Gesamtfeldstärke am Empfänger als Funktion der Frequenz im Bereich von 900 bis 905 MHz!

5 Pegelplan (15%)

Über ein Mobilfunksystem sind folgende Parameter bekannt: Betriebsfrequenz 2,1 GHz, Bandbreite 5 MHz, Zusatzrauschen des Empfängers 5 dB, minimal erforderliches SNR am Demodulator des Empfängers 13 dB, Gewinn der Empfangsantenne -8 dBi, Gewinn der Sendeantenne 16 dBi.

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

5.1 (5%) Erstellen Sie einen tabellarischen Pegelplan in dB!

5.2 (5%) Ermitteln Sie die Ausbreitungsdämpfung und die entsprechende Entfernung für eine Sendeleistung von 0 dBm!

5.3 (5%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (Handskizze, muss nicht masstäblich sein)!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 15. 1. 2007

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		25
3		15
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 lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?

1.3 (2%) Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit τ_D angegeben und wie gross ist diese näherungsweise bei Kupfer?

1.4 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?

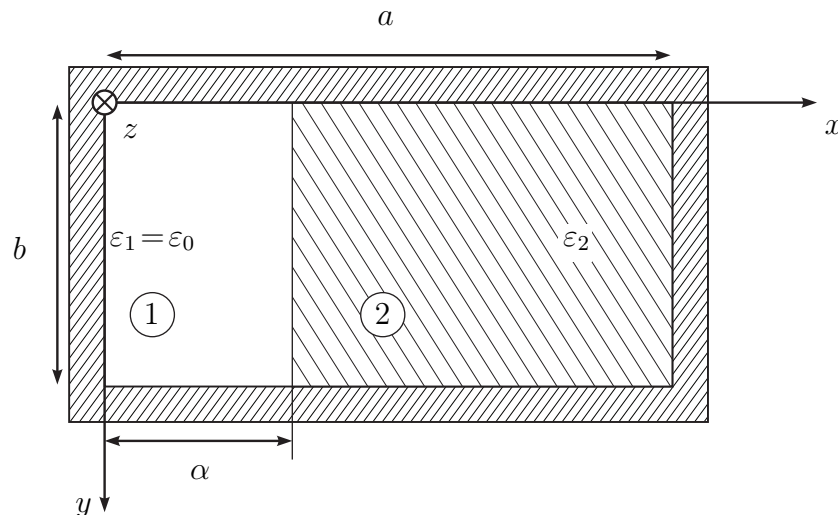
1.5 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?

- 1.6 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!
- 1.7 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?
- 1.8 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!
- 1.9 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!
- 1.10 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?

2 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (25%)

Name/Mat. Nr.: _____

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz.



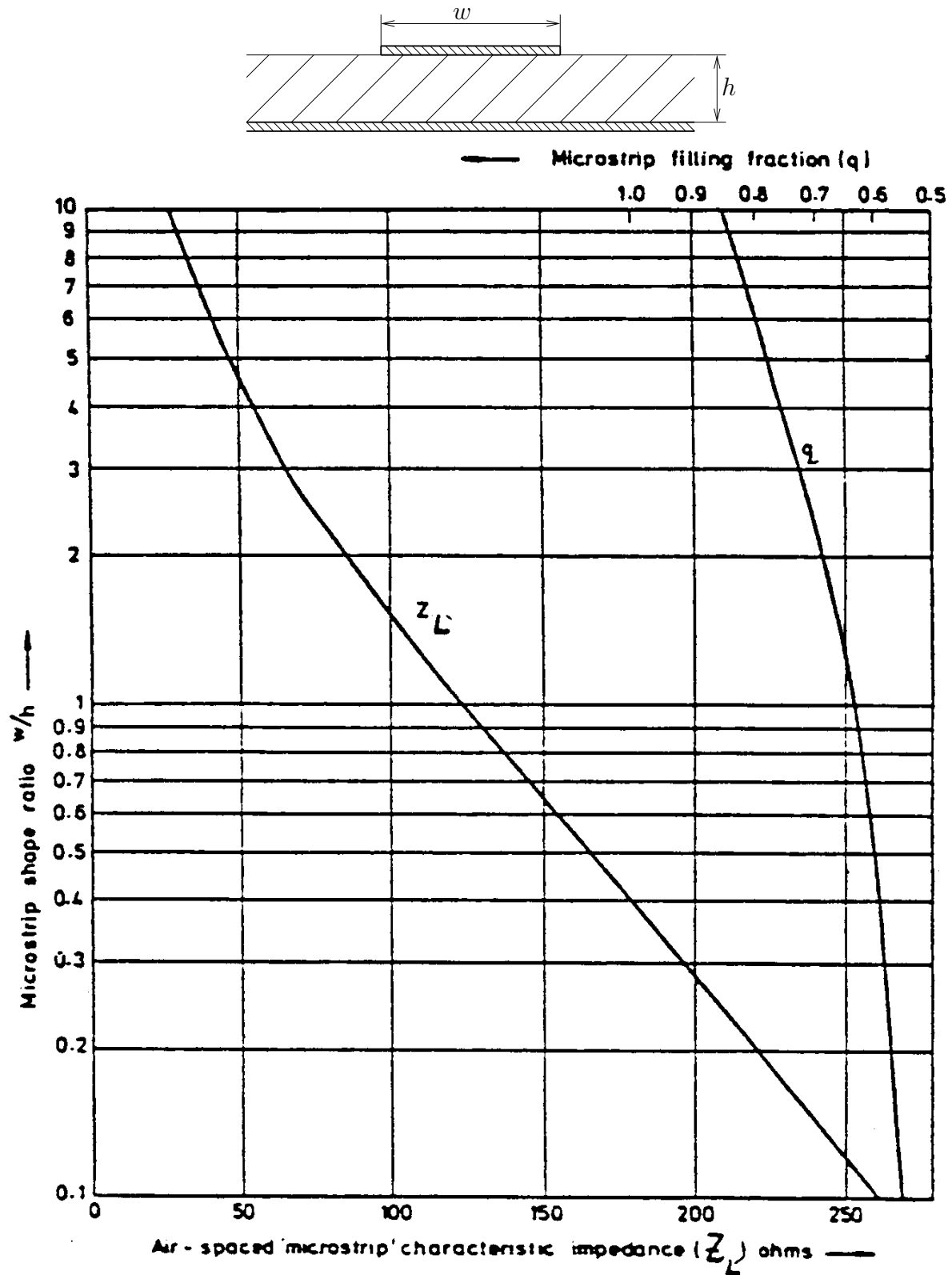
Medium 1 ist Luft mit ε_0 und μ_0 .

Medium 2 ist ein Dielektrikum mit $\varepsilon_0\varepsilon_{r,2}$ und μ_0 .

- 2.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 2.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 2.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an der Grenzfläche zwischen Luft und Dielektrikum die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante!
- 2.4 (5%) Skizzieren Sie das Felddbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

3 Mikrostreifenleitung (15%)

Dimensionieren Sie eine $50\ \Omega$ Mikrostreifenleitung bei 8 GHz mit Hilfe des abgebildeten Nomogramms. Als Trägermaterial ist ein Al_2O_3 -Keramiksубstrat ($\epsilon_r = 10$) vorgesehen. Die Höhe des Trägermaterials ist $h = 0,8\text{ mm}$. Erklären Sie jeden Schritt Ihrer Vorgangsweise!



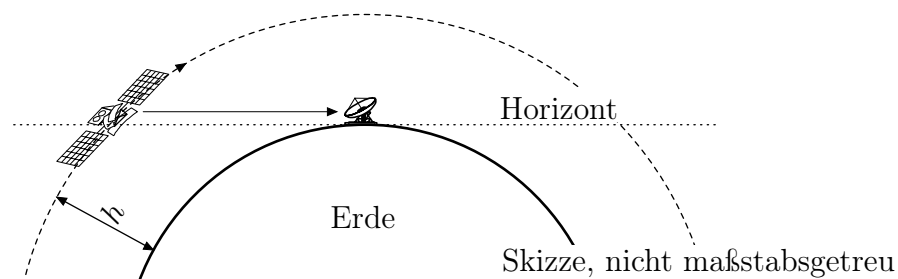
4 Satellitenfunk (20%)

Der Satellit MOST fliegt in einer erdnahen Umlaufbahn in $h = 820$ km Höhe um die Erde (Erdradius $r = 6370$ km). Er sendet bei $f = 2232$ MHz mit einer Sendeleistung von $P_s = 0,5$ W bei einer Bandbreite von $\Delta f = 78$ kHz und seine Antenne hat einen Gewinn von 0 dBi. Zwischen Sender und Antenne befinden sich Kabel mit 2 dB Verlusten.

Die Bodenstation in Wien verwendet einen Parabolspiegel mit einem Gewinn von 35 dBi der dem Satelliten bei seinem Überflug folgt und der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 115 °K.

Nehmen Sie zusätzliche Dämpfungen von 0,8 dB durch die Atmosphäre, 3 dB aufgrund von Polarisationsverlusten sowie 1,2 dB aufgrund mechanischer Toleranzen bei der Ausrichtung der Antenne an.

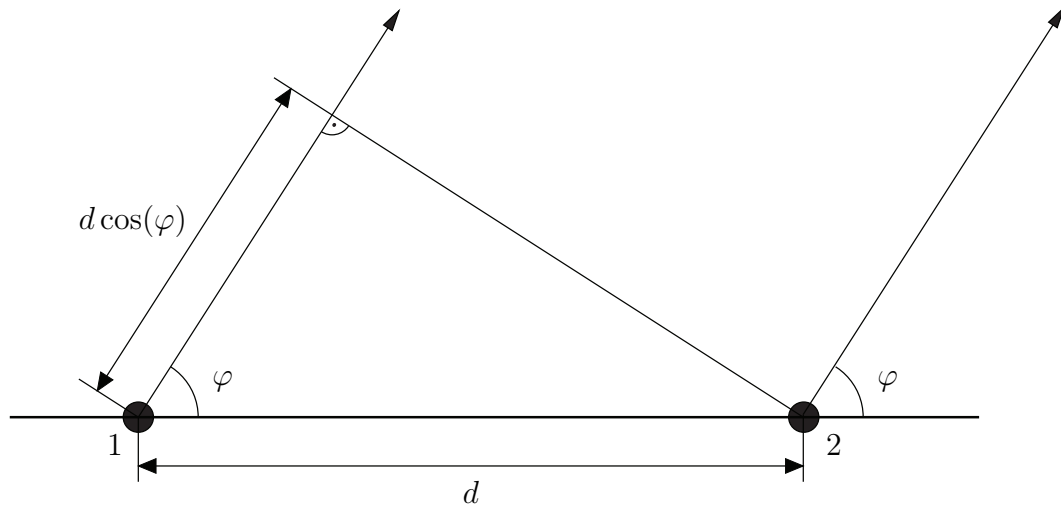
Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ Ws/°K



- 4.1 (13%) Berechnen Sie das SNR (in dB) für den Fall, dass sich der Satellit genau am Horizont befindet.
- 4.2 (7%) Um wieviel dB verbessert sich das SNR wenn sich der Satellit genau über Wien befindet?

5 Richtdiagramm einer Antennengruppe (20%)

Zwei baugleiche omnidirektionale Antenne im Abstand d , welche entkoppelt angenommen werden, erzeugen in einem sehr grossen Abstand r Feldstärken, welche dem Betrag nach identisch als E_0 angenommen werden können. Berechnen Sie das Richtdiagramm einer derartigen Anordnung in der Zeichenebene (x, y) !



Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 15. 2. 2007

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabeblättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		10
3		30
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Nennen Sie je 2 Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!

1.2 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?

1.3 (2%) Was ist die Kontinuitätsgleichung? (Erklären Sie die auftretenden Größen und geben Sie ihre Einheiten an!)

1.4 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

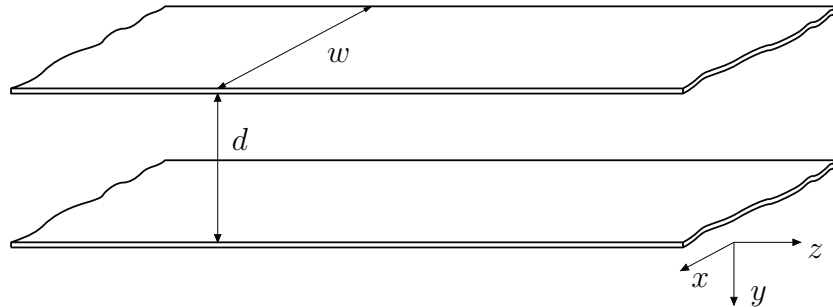
1.5 (2%) Wie lautet der Separationsansatz für die Wellenfunktion $\Psi(x, y, z)$?

- 1.6 (2%) Welchen Gewinn hat ein Hertzscher Dipol gegenüber einem Isotropstrahler?
- 1.7 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?
- 1.8 (2%) Nennen Sie 2 schmalbandige Antennen!
- 1.9 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !
- 1.10 (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.

2 Parallelplattenleitung (10%)

Name/Mat. Nr.: _____

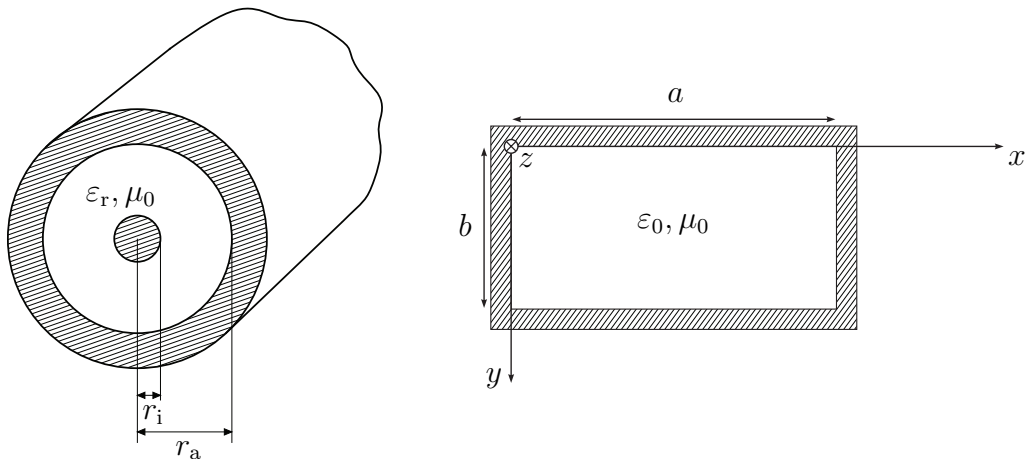
Es soll die Ausbreitungsfähigkeit von TE_n Moden auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $w \gg d$, $\varepsilon_r = 1$) untersucht werden.



2.1 (6%) Berechnen Sie die Komponenten der gefragten Moden, finden Sie einen Ansatz der die Wellengleichung erfüllt, ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an! Welche Komponenten verschwinden?

2.2 (4%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand, den Feldwellenwiderstand und die Grenzfrequenz aller gefragten Moden!

3 Vergleich Koaxialkabel – Rechteckhohlleiter (30%)



- 3.1** (6%) Bestimmen Sie einen geeigneten Innenradius r_i des abgebildeten Koaxialkabels für $Z_L = 50 \Omega$. Der Außenradius sei $r_a = 6,3 \text{ mm}$, das verwendete Dielektrikum habe $\epsilon_r = 2,25$.
- 3.2** (6%) Berechnen Sie die ohmschen Verluste α_R des Kabels für eine Leitfähigkeit des Innen- bzw. Außenleiters von $\sigma = 5,7 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ bei 10 GHz in dB/m .
- 3.3** (6%) Berechnen Sie die dielektrischen Verluste α_G des Kabels für ein Dielektrikum mit $\tan \delta = 0,001$ in dB/m .
- 3.4** (12%) Berechnen Sie mittels der Power-Loss-Method den Dämpfungskoeffizienten des abgebildeten Rechteckhohlleiters mit den Abmessungen $a = 22,86 \text{ mm}$ und $b = 10,16 \text{ mm}$ bei 10 GHz (Grundmodus TE_{10}) in dB/m . Erklären Sie dabei Ihre Vorgehensweise. Das Metall sei durch $\sigma = 5,7 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ charakterisiert. Bei der gesuchten Ausbreitung in z -Richtung lauten die Feldkomponenten:

$$\begin{aligned}
 E_x &= 0 \\
 E_y &= -\frac{j\omega\mu}{\pi} aA \sin\left(\frac{\pi}{a}x\right) e^{-jk_z z} \\
 E_z &= 0 \\
 H_x &= \frac{jk_z}{\pi} aA \sin\left(\frac{\pi}{a}x\right) e^{-jk_z z} \\
 H_y &= 0 \\
 H_z &= A \cos\left(\frac{\pi}{a}x\right) e^{-jk_z z}
 \end{aligned}$$

4 Mobilfunksystem (20%)

Über ein Mobilfunksystem sind folgende Parameter bekannt: Betriebsfrequenz 1,9 GHz, Bandbreite 5 MHz, Zusatzrauschen des Empfängers 4,5 dB, minimal erforderliches SNR am Demodulator des Empfängers 13 dB, Gewinn der Empfangsantenne -10 dBi. Die Sendeantenne ist eine typische Sektorantenne mit 1,2 m Höhe, 20 cm Breite und hat einen Gewinn von 11 dBi.

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

Vernachlässigen Sie Verluste in Kabeln.

4.1 (5%) In welcher Entfernung beginnt das Fernfeld dieser Sendeantenne?

4.2 (5%) Erstellen Sie einen tabellarischen Pegelplan in dB!

4.3 (5%) Ermitteln Sie die maximal erlaubte Ausbreitungsdämpfung und die entsprechende Entfernung für eine Sendeleistung von 13 dBm!

4.4 (5%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (Handskizze, muss nicht masstäblich sein)!

5 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

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

5.1 (7%) Skizzieren (und beschriften) Sie das Richtdiagramm in horizontaler und vertikaler Ebene!

5.2 (8%) Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!

5.3 (5%) Berechnen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler und über dem Hertz'schen Dipol!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 19. 3. 2007

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		25
3		15
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

- 1.1 (2%) Was beschreibt der Imaginärteil der Wellzahl k_z bei einer sich in z -Richtung ausbreitenden Welle?
- 1.2 (2%) Wie lautet der Satz von Poynting (Erhaltung der elektromagnetischen Energie)?
- 1.3 (2%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?
- 1.4 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?
- 1.5 (2%) Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz der eindimensionalen homogenen Wellengleichung?

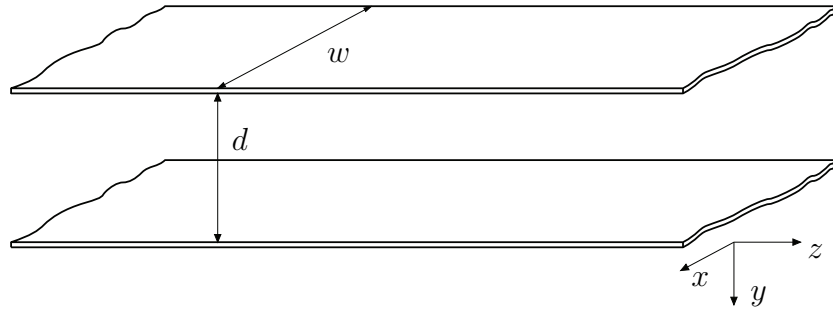
- 1.6 (2%) Schreiben Sie zwei Definition des Antennengewinns an! Erklären Sie die verwendeten Grössen und geben Sie ihre Einheiten an!
- 1.7 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!
- 1.8 (2%) Nennen Sie fünf wichtige Eigenschaften von Antennen!
- 1.9 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?
- 1.10 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?

2 Dämpfungsbelag der Parallelplattenleitung (25%)

Name/Mat. Nr.: _____

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit des TEM Modus in z -Richtung auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $\varepsilon_r = 1$) untersucht werden.

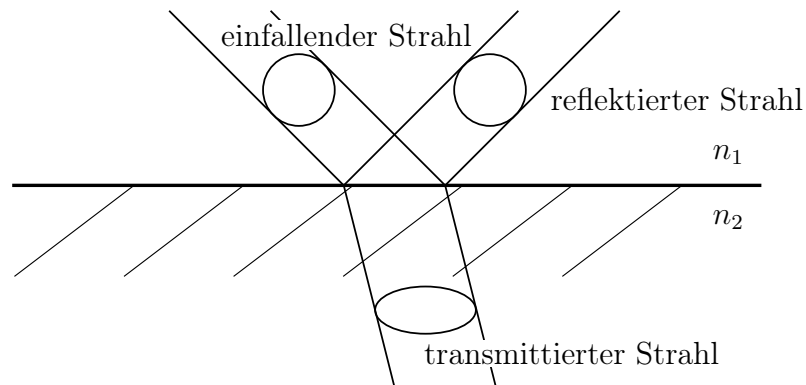
Hinweis: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$, $\varepsilon_0 = 8,8541 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$



- 2.1 (5%) Berechnen Sie die Komponenten der gefragten Moden, finden Sie einen Ansatz der die Wellengleichung erfüllt, ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an! Verwenden Sie dabei die Näherung $w \gg d$. Welche Komponenten verschwinden?
- 2.2 (6%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand, den Leitungswellenwiderstand und die Grenzfrequenz des gefragten Modus für $w = 12 \text{ mm}$, $d = 1 \text{ mm}$!
- 2.3 (9%) Berechnen Sie mittels der Power Loss Method den Dämpfungskoeffizienten für den gefragten Modus in dB/m. Das Metall sei durch $\sigma_{\text{Cu}} = 5,7 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ charakterisiert, die Frequenz sei 5 GHz.
- 2.4 (5%) Zeichnen Sie die tatsächlichen Feldbilder ohne Verwendung der Näherung $w \gg d$ in zwei Ansichten! Welche Wellentypen sind prinzipiell auf dieser Leitung ausbreitungsfähig?

3 Übergang von Vakuum nach Glas (15%)

Eine zirkular polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 4 \text{ mm}^2$ und einer Leistung von $P = 2 \text{ mW}$ wird unter dem Brewster-Winkel auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,5$) eingestrahlt.



3.1 (4%) Berechnen Sie Einfallswinkel θ_e , Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!

3.2 (3%) Berechnen Sie die Querschnittsfläche des transmittierten Strahls!

3.3 (8%) Berechnen Sie die Leistungen $P_{\text{TE},t}$ und $P_{\text{TM},t}$ der transmittierten Wellen!

4 Richtfunkstrecke (20%)

Für eine Richtfunkstrecke bei 30 GHz steht ein Sender mit einer Sendeleistung von $P = 13$ dBm zur Verfügung. Daran angeschlossen ist eine optimal ausgerichtete Antenne mit einem Gewinn $G_s = 19,5$ dBi. In einer Entfernung $d = 1$ km steht der Empfänger mit einer Antenne mit dem Gewinn $G_e = 15$ dBi.

4.1 (5%) In welcher Höhe muss die Richtfunkverbindung mindestens montiert werden, wenn sich in der Mitte der Strecke Sender-Empfänger ein Haus mit 30 m Höhe befindet?

4.2 (6%) Berechnen Sie die Leistung am Standort des Empfängers (in dBm)!

4.3 (9%) Bei Bauarbeiten wird die Sendeantenne versehentlich um einen Winkel $\Delta\varphi = 15^\circ$ verdreht. Um welchen Wert in (dB) ändert sich das SNR am Empfänger? Die Richtcharakteristik der Antenne lautet:

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \sin^{24}(\vartheta) \sin^{24}(\varphi) & \text{für } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

5 Radar (20%)

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 15 GHz und einem Antennengewinn von 43 dBi. In einer Entfernung von 2 km wird ein idealer Retroreflektor mit einem Durchmesser von 20 cm geortet.

5.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

5.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 500 W beträgt?

5.3 (5%) In welcher Entfernung kann der Retroreflektor noch erkannt werden, wenn die minimale Empfangsleistung -70 dBm beträgt?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 7. 5. 2007

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		30
3		10
4		25
5		15
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man daraus die Blindleistungsflussdichte?

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

1.3 (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} .

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

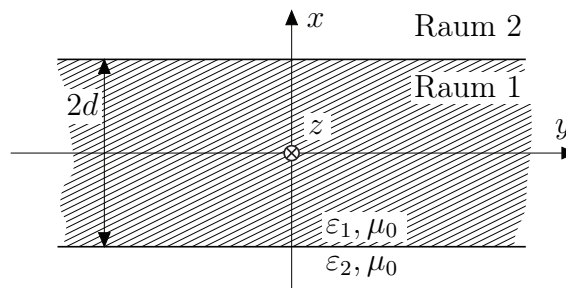
1.5 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?

- 1.6 (2%) Welchen Gewinn hat ein Hertzscher Dipol gegenüber einem Isotropstrahler?
- 1.7 (2%) Geben Sie zwei praxisgerechte Verfahren für die Bestimmung des Antennengewinnes an (Skizze). Welche Länge muss das für die Messung verwendete Funkfeld haben?
- 1.8 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!
- 1.9 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !
- 1.10 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?

2 Dielektrische Platte (30%)

Name/Mat. Nr.: _____

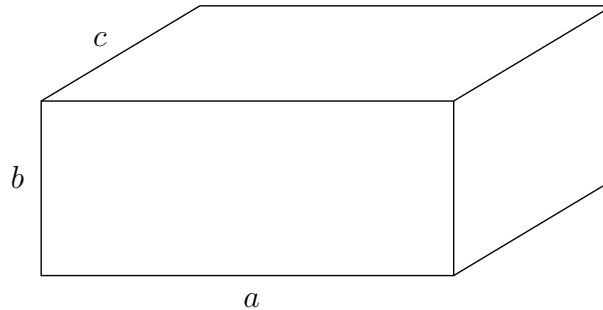
Berechnen Sie die Ausbreitungseigenschaften der H_{10} -ähnlichen Grundwelle (siehe Rechteckhohlleiter), die von einer in y - und z - Richtung unbegrenzten und in x -Richtung $2d$ dicken dielektrischen Platte (Raum 1) geführt wird (Raum 2 ist Luft)!



- 2.1 (10%) Finden Sie einen Ansatz für die Komponenten des elektromagnetischen Feldes in Ausbreitungsrichtung (positive z -Richtung) und geben Sie die Separationsbedingungen an!
- 2.2 (5%) Bestimmen Sie die restlichen Feldkomponenten!
- 2.3 (10%) 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!
- 2.4 (5%) Geben Sie die Gleichung für die Grenzfrequenz der Grundwelle an. Die Grenzfrequenz ist durch den Übergang von der geführten Welle zur ungedämpften Abstrahlung in den Raum neben der Platte definiert!

3 Hohlraumresonator (10%)

Berechnen Sie den Grundmodus TE_{101} eines luftgefüllten ($\varepsilon_r = 1$) Hohlraumresonators (Abmessungen: $a = 3 \text{ cm}$, $b = 2 \text{ cm}$, $c = 3 \text{ cm}$) mit $\mathbb{R}_M = 27 \text{ m}\Omega$.



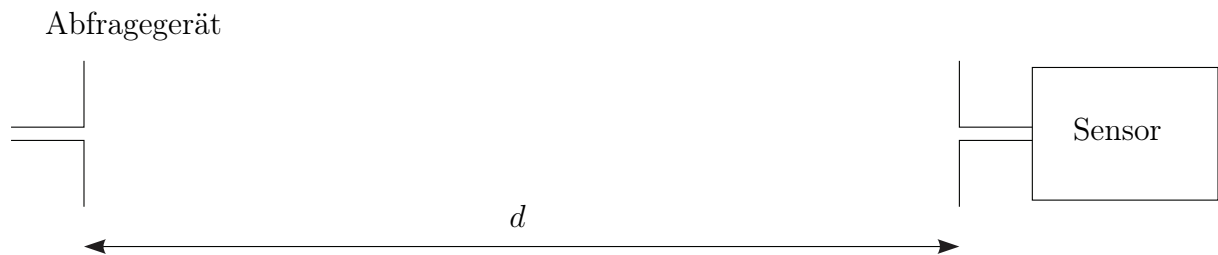
3.1 (4%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz!

3.2 (4%) Berechnen Sie die unbelastete Güte! Vereinfachen Sie die Formel unter der Berücksichtigung $a = c$!

3.3 (2%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die unbelastete Güte, wenn der Hohlraumresonator mit einem verlustlosen Dielektrikum $\varepsilon_r = 2,8$ gefüllt ist!

4 Drahtloser Temperatursensor (25%)

Ein drahtloser Temperatursensor soll aus $d = 0,5$ m Distanz per Funk (2,45 GHz, 1 W Sendeleistung) ausgelesen werden. Vereinfachend wird angenommen, dass das Abfragegerät und der Sensor mit optimal ausgerichteten, verlustlosen ($w = 1$) Hertz'schen Dipolen ausgestattet sind. Es wird eine Welle zum Sensor geschickt, die vom Sensor zeitverzögert und um 35 dB geschwächt reflektiert wird. Das Abfragegerät schaltet während der Zeitverzögerung auf Empfang und registriert das Sensorsignal.



4.1 (5%) Gilt für diese Anordnung die Annahme, dass sich der Sensor in der Fernzone der Antenne des Abfragegerätes befindet? Nehmen Sie die wirksame Antennenfläche als kreisförmig an!

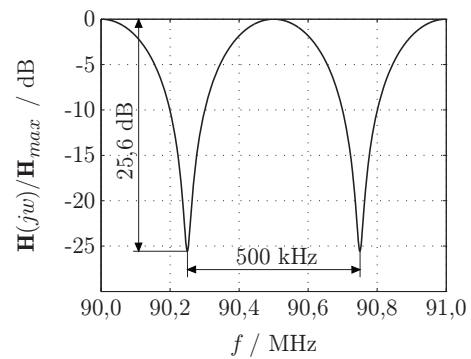
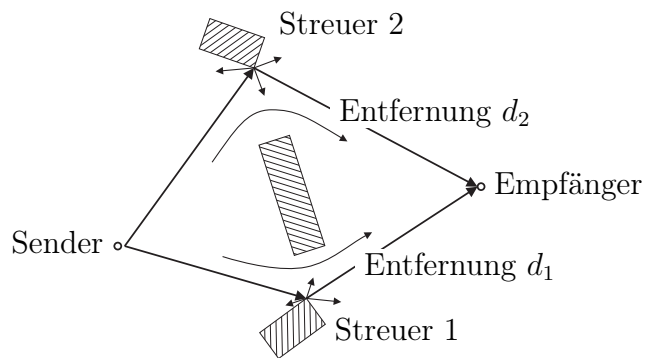
4.2 (5%) Berechnen Sie die vom Sensor empfangene Leistung!

4.3 (5%) Wie groß ist die Dämpfung der Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät?

4.4 (10%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (ohne Rauschen) der Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät. Drücken Sie alle Pegel bzw. Teilstrecken in dBm bzw. in dB aus!

5 Kanalmessung (15%)

Bei einer Kanalmessung des skizzierten NLOS (Non-Line-Of-Sight) Szenarios sendet der Sender mit einer konstanten frequenzunabhängigen Amplitude A . Es wird die angegebene normierte Übertragungsfunktion ermittelt. Die Entfernung d_1 beträgt 2,2 km.



5.1 (7%) Wie groß ist die Entfernung d_2 ?

5.2 (8%) Um welchen Faktor (in dB) unterscheiden sich die empfangenen Leistungen aus Richtung Streuer 1 und Streuer 2?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 27. 6. 2007

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		25
3		15
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Welcher grundsätzliche Zusammenhang (Proportionalität) besteht zwischen Empfangsleistung und Sendeleistung als Funktion der Distanz bei leitungsgeführter Strahlung und bei Freiraumausbreitung?

1.2 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!

1.3 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

1.4 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?

1.5 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?

1.6 (2%) Schreiben Sie zwei Definitionen des Antennengewinns an! Erklären Sie die verwendeten Größen und geben Sie ihre Einheiten an!

1.7 (2%) Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!

1.8 (2%) Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!

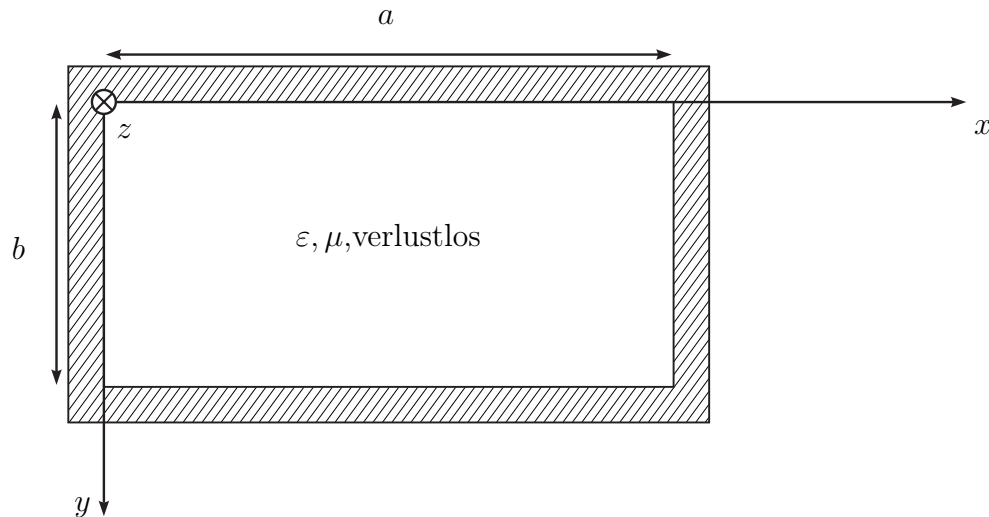
1.9 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?

1.10 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?

2 Rechteckhohlleiter (25%)

Name/Mat. Nr.: _____

Untersuchen Sie die Ausbreitung einer TE_{10} Welle in z Richtung im skizzierten Rechteckhohlleiter.

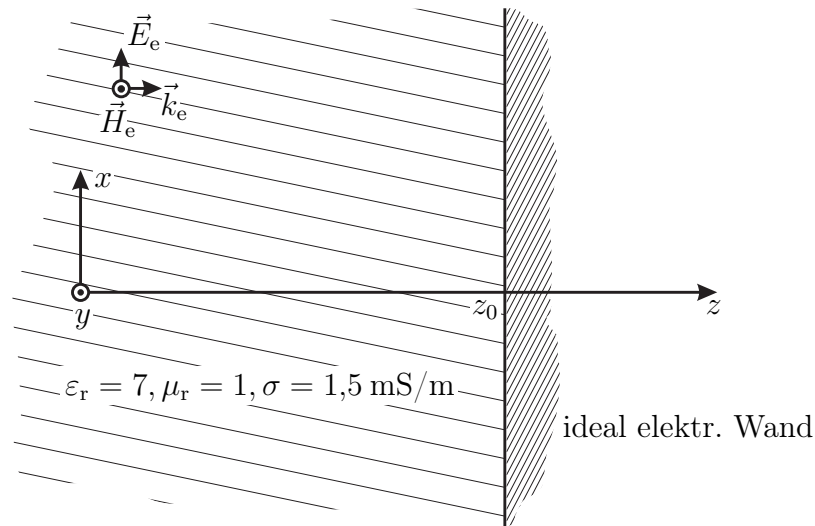


- 2.1 (7%)** Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten des gewünschten Modus in Ausbreitungsrichtung, der die Wellengleichung erfüllt. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an.
- 2.2 (3%)** Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her. Welche verschwinden?
- 2.3 (12%)** Der Hohlleiter wird im X-Band eingesetzt und hat die Abmessungen bzw. Kenndaten $a = 22,86 \text{ mm}$, $b = 10,16 \text{ mm}$, $\varepsilon = \varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$, $\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$. Er wird bei 11 GHz betrieben. Berechnen Sie die maximale elektrische Feldstärke bei einer übertragenen Leistung von 57 dBW.
- 2.4 (3%)** Ist die Verwendung dieses Hohlleiters bei einer Durchschlagsfeldstärke von 15 kV/cm (Luft) möglich? Wenn dies nicht möglich ist oder wäre, wie könnte man dies dennoch ermöglichen?

3 Stehende Welle im verlustbehafteten Medium (15%)

Eine sich im verlustbehafteten Medium (z.B.: trockener Erdboden) ausbreitende ebene Welle mit $f = 20$ MHz wird von einer auf die Ausbreitungsrichtung senkrecht stehenden metallischen Wand mit unendlicher Leitfähigkeit reflektiert (siehe Abbildung). Die Amplitude der einfallenden Welle bei $z = 0$ beträgt 5 V/m.

Hinweis: $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ As/Vm, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am.



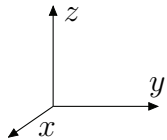
- 3.1 (1%) Wie groß ist die Phasengeschwindigkeit v_P ?
- 3.2 (4%) Setzen Sie die einfallende Welle an (\vec{E}_e und \vec{H}_e) und berechnen Sie die Wellenzahl k_e . Wie groß ist die Dämpfung in dB/m?
- 3.3 (2%) Berechnen Sie die komplexe Amplitude und den zeitlichen Verlauf der einfallenden Welle am Ort der metallischen Wand $z_0 = 8$ m!
- 3.4 (4%) Finden Sie einen Ansatz für die reflektierte Welle (\vec{E}_r und \vec{H}_r)! Wie muss der zeitliche Verlauf der reflektierten Welle aussehen, damit die Randbedingungen erfüllt sind?
- 3.5 (4%) Berechnen Sie die Hüllkurve des Gesamtfeldes!

4 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \cos^{\frac{12}{4}}(\vartheta) & \text{für } 0 < \vartheta < \pi/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

- 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 Radar (20%)

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 16 GHz und einem Antennengewinn von 40 dBi. In einer Entfernung von 2 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 20 cm geortet.

5.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

5.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 500 W beträgt?

5.3 (5%) In welcher Entfernung kann der Retroreflektor noch erkannt werden, wenn die minimale Empfangsleistung -70 dBm beträgt?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 22. 10. 2007

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		20
3		20
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

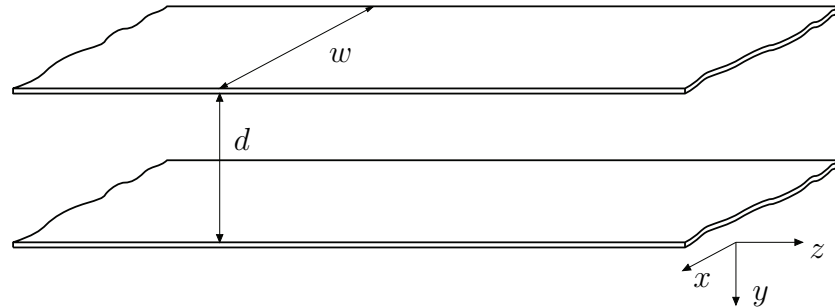
- 1.1 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Blindleistungsflussdichte?
- 1.2 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?
- 1.3 (2%) Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz der eindimensionalen homogenen Wellengleichung?
- 1.4 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?
- 1.5 (2%) Geben Sie den Grundmodus der Parallelplattenleitung, des Rechteckhohlwellenleiters und des Koaxialkabels an!

- 1.6 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!
- 1.7 (2%) Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!
- 1.8 (2%) Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!
- 1.9 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?
- 1.10 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!

2 Parallelplattenleitung (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

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

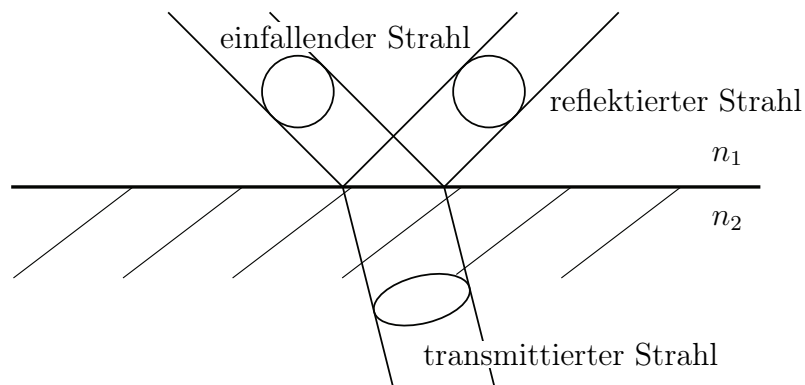


2.1 (10%) Finden Sie einen Ansatz für die gefragten Moden, der die Wellengleichung erfüllt, und überprüfen Sie dies. Berechnen Sie alle weiteren Komponenten. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an.

2.2 (10%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand η , den Feldwellenwiderstand $Z_{\text{W},n}$ und die Grenzfrequenz $f_{\text{G},n}$ aller gefragten Moden!

3 Polarisationsfilter (20%)

Ein Lichtstrahl der Sonne (unpolarisiert, aber TM, TE gleich stark) fällt zu später Stunde ($\theta_e = 75^\circ$) auf einen See ($n_2 = 1,33$). An der glatten Wasseroberfläche wird er reflektiert. Zwei Fotografen fotografieren diese Landschaft. Der zweite verwendet ein ideales Polarisationsfilter um die Reflexion der Sonne im Wasser zu unterdrücken.

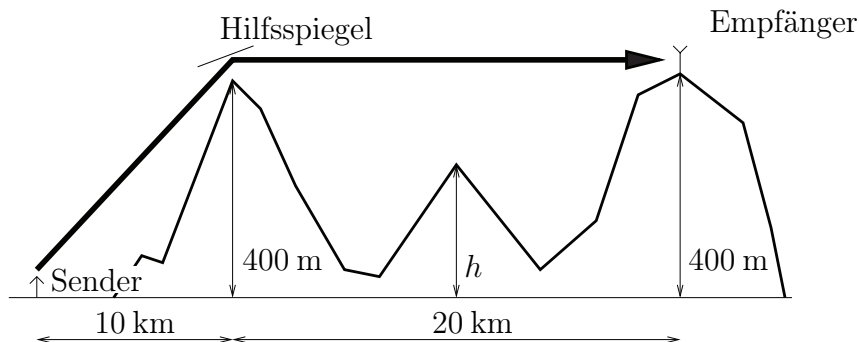


3.1 (10%) Wie groß ist die (gesamte) reflektierte Lichtleistung im Verhältnis zur eingestrahnten (in dB)? Zeichnen Sie alle verwendeten Winkel ein.

3.2 (10%) Wie gut kann das ideal eingesetzte Polarisationsfilter des zweiten Fotografen die Reflexion im Vergleich zum ersten Fotografen unterdrücken (in dB)?

4 Richtfunkstrecke mit Hilfsspiegel (20%)

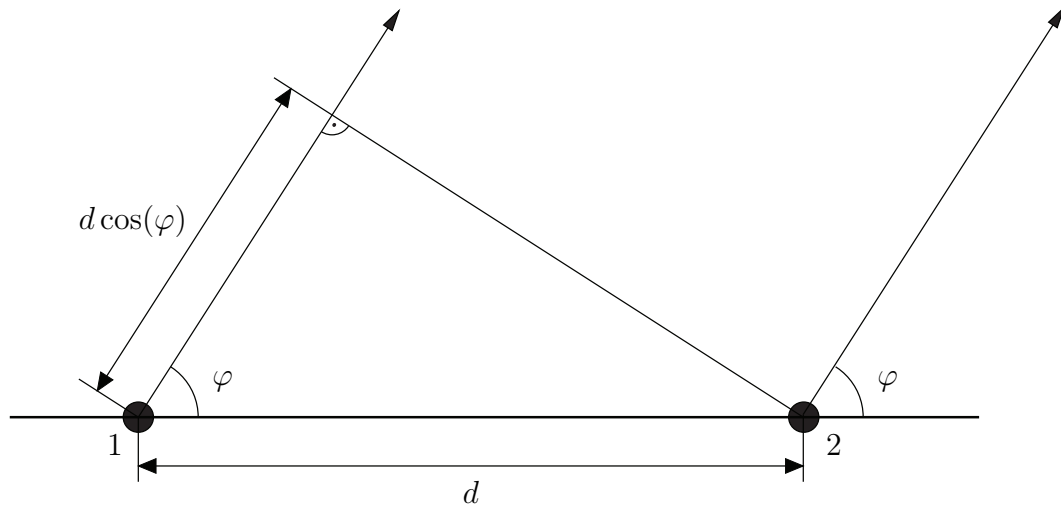
Wie in der Skizze gezeigt, soll eine Richtfunkstrecke auf 10 GHz zwischen einem Sender und einem Empfänger in hügeligem Gelände über einen Hilfsspiegel realisiert werden. Der Streuquerschnitt des Hilfsspiegels ist $\sigma = 150 \text{ m}^2$, der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 500 °K und eine Bandbreite von 8 MHz. Der Abstand zwischen Signalleistung und Rauschleistung muss mindestens 25 dB betragen. Die Empfangsantenne ist ein Parabolspiegel mit Durchmesser $D = 1,5 \text{ m}$ und einem Flächenwirkungsgrad von 0,7. Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ws/}^\circ\text{K}$



- 4.1 (6%) Welche Höhe h darf ein ungefähr in der Mitte zwischen Hilfsspiegel und Empfänger liegender Hügel maximal haben, ohne die Richtfunkstrecke nennenswert zu beeinträchtigen? Erklären Sie Ihre Argumentation!
- 4.2 (10%) Welche EIRP (in Watt und in dBW) muss die Sendeanlage erzeugen, damit der erforderliche Signal/Rausch-Abstand am Empfänger erreicht wird?
- 4.3 (4%) Welche Sendeleistung (in Watt und in dBW) ist nötig, wenn die Sendeanlage eine baugleiche Parabolantenne verwendet wie der Empfänger?

5 Richtdiagramm einer Antennengruppe (20%)

Zwei baugleiche omnidirektionale Antenne im Abstand d , welche entkoppelt angenommen werden, erzeugen in einem sehr grossen Abstand r Feldstärken, welche dem Betrag nach identisch als E_0 angenommen werden können. Berechnen Sie das Richtdiagramm einer derartigen Anordnung in der Zeichenebene (x, y) !



Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 10. 12. 2007

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		15
3		25
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

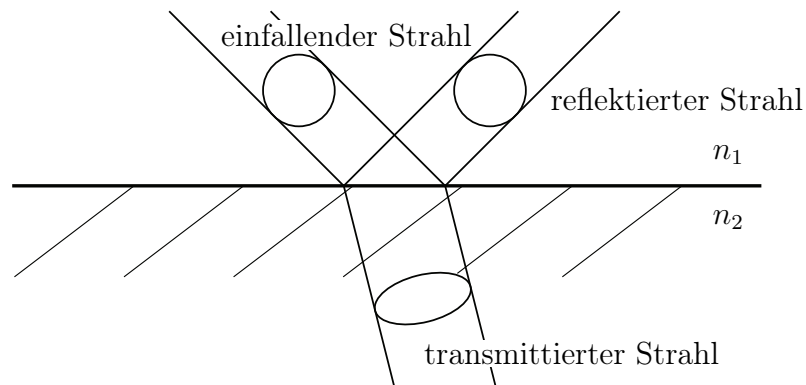
- 1.1 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?
- 1.2 (2%) Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit τ_D angegeben und wie gross ist diese näherungsweise bei Kupfer?
- 1.3 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?
- 1.4 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?
- 1.5 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!

- 1.6 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!
- 1.7 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!
- 1.8 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?
- 1.9 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?
- 1.10 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!

2 Übergang von Vakuum nach Glas (15%)

Name/Mat. Nr.: _____

Eine zirkular polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 5 \text{ mm}^2$ und einer Leistung von $P = 4 \text{ mW}$ wird unter dem Brewster-Winkel auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,6$) eingestrahlt.



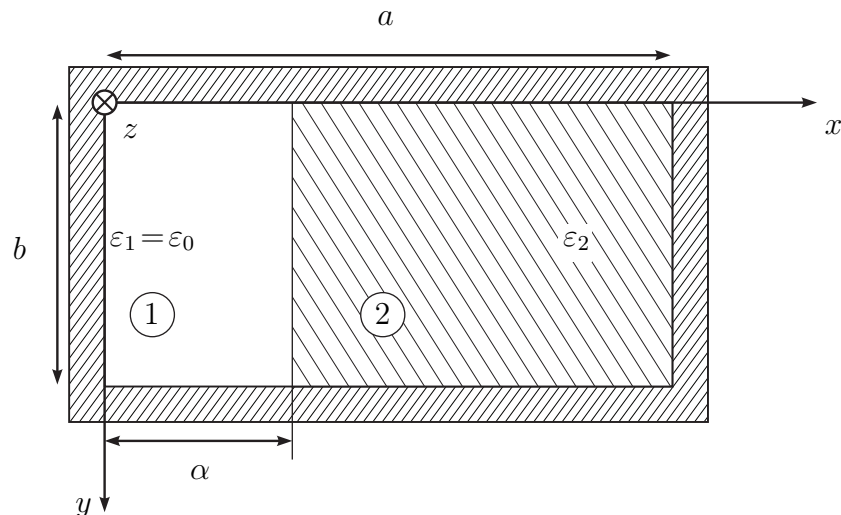
2.1 (4%) Berechnen Sie Einfallswinkel θ_e , Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!

2.2 (3%) Berechnen Sie die Querschnittsfläche des transmittierten Strahls!

2.3 (8%) Berechnen Sie die Leistungen $P_{\text{TE,t}}$ und $P_{\text{TM,t}}$ der transmittierten Wellen!

3 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (25%)

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz.



Medium 1 ist Luft mit ε_0 und μ_0 .

Medium 2 ist ein Dielektrikum mit $\varepsilon_0\varepsilon_{r,2}$ und μ_0 .

- 3.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 3.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 3.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an der Grenzfläche zwischen Luft und Dielektrikum die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante!
- 3.4 (5%) Skizzieren Sie das Felddbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

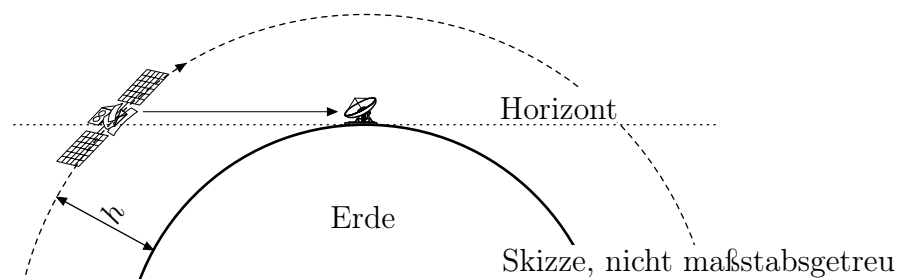
4 Satellitenfunk (20%)

Der Satellit MOST fliegt in einer erdnahen Umlaufbahn in $h = 820$ km Höhe um die Erde (Erdradius $r = 6370$ km). Er sendet bei $f = 2232$ MHz mit einer Sendeleistung von $P_s = 0,5$ W bei einer Bandbreite von $\Delta f = 78$ kHz und seine Antenne hat einen Gewinn von 0 dBi. Zwischen Sender und Antenne befinden sich Kabel mit 2 dB Verlusten.

Die Bodenstation in Wien verwendet einen Parabolspiegel mit einem Gewinn von 35 dBi der dem Satelliten bei seinem Überflug folgt und der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 115 °K.

Nehmen Sie zusätzliche Dämpfungen von 0,8 dB durch die Atmosphäre, 3 dB aufgrund von Polarisationsverlusten sowie 1,2 dB aufgrund mechanischer Toleranzen bei der Ausrichtung der Antenne an.

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



- 4.1 (13%) Berechnen Sie das SNR (in dB) für den Fall, dass sich der Satellit genau am Horizont befindet.
- 4.2 (7%) Um wieviel dB verbessert sich das SNR wenn sich der Satellit genau über Wien befindet?

5 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine Antenne habe das Richtdiagramm

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \cos^{16}(\vartheta) & \text{für } 0 < \vartheta < \pi/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

5.1 (7%) Skizzieren (und beschriften) Sie das Richtdiagramm in zwei Ansichten!

5.2 (8%) Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!

5.3 (5%) Berechnen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler und über dem Hertz'schen Dipol!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 14. 1. 2008

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		15
3		25
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

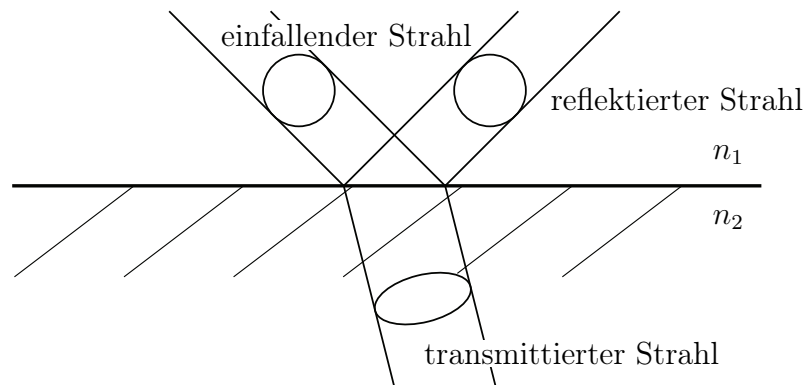
- 1.1 (2%) Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit τ_D angegeben und wie gross ist diese näherungsweise bei Kupfer?
- 1.2 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?
- 1.3 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!
- 1.4 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?
- 1.5 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

- 1.6 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?
- 1.7 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?
- 1.8 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!
- 1.9 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.10 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?

2 Übergang von Vakuum nach Glas (15%)

Name/Mat. Nr.: _____

Eine zirkular polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 2 \text{ mm}^2$ und einer Leistung von $P = 1 \text{ mW}$ wird unter dem Brewster-Winkel auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,5$) eingestrahlt.



2.1 (4%) Berechnen Sie Einfallswinkel θ_e , Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!

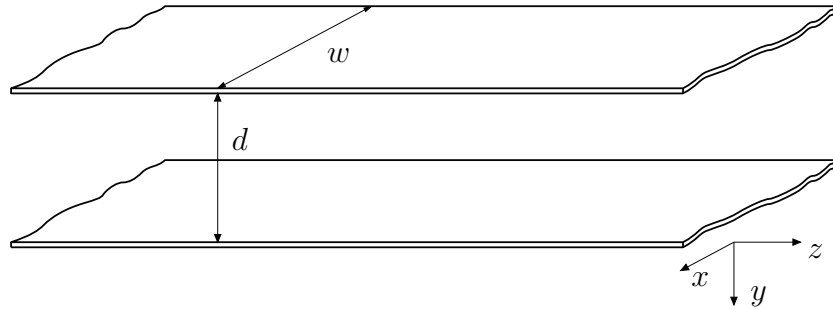
2.2 (7%) Berechnen Sie die TE und TM-Anteile (E und H) der reflektierten und der transmittierten Welle!

2.3 (4%) Berechnen Sie die Elliptizität der reflektierten und der transmittierten Welle in dB!

3 Dämpfungsbelag der Parallelplattenleitung (25%)

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit des TEM Modus in z -Richtung auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $\varepsilon_r = 1$) untersucht werden.

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 (5%) Berechnen Sie die Komponenten der gefragten Moden, finden Sie einen Ansatz der die Wellengleichung erfüllt, ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an! Verwenden Sie dabei die Näherung $w \gg d$. Welche Komponenten verschwinden?
- 3.2 (6%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand, den Leitungswellenwiderstand und die Grenzfrequenz des gefragten Modus für $w = 12 \text{ mm}$, $d = 1 \text{ mm}$!
- 3.3 (9%) Berechnen Sie mittels der Power Loss Method den Dämpfungskoeffizienten für den gefragten Modus in dB/m. Das Metall sei durch $\sigma_{\text{Cu}} = 5,7 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ charakterisiert, die Frequenz sei 5 GHz.
- 3.4 (5%) Zeichnen Sie die tatsächlichen Feldbilder ohne Verwendung der Näherung $w \gg d$ in zwei Ansichten! Welche Wellentypen sind prinzipiell auf dieser Leitung ausbreitungsfähig?

4 Richtfunkstrecke (20%)

Für eine Richtfunkstrecke bei 30 GHz steht ein Sender mit einer Sendeleistung von $P = 13$ dBm zur Verfügung. Daran angeschlossen ist eine optimal ausgerichtete Antenne mit einem Gewinn $G_s = 19,5$ dBi. In einer Entfernung $d = 1$ km steht der Empfänger mit einer Antenne mit dem Gewinn $G_e = 15$ dBi.

4.1 (5%) In welcher Höhe muss die Richtfunkverbindung mindestens montiert werden, wenn sich in der Mitte der Strecke Sender-Empfänger ein Haus mit 30 m Höhe befindet?

4.2 (6%) Berechnen Sie die Leistung am Standort des Empfängers (in dBm)!

4.3 (9%) Bei Bauarbeiten wird die Sendeantenne versehentlich um einen Winkel $\Delta\varphi = 15^\circ$ verdreht. Um welchen Wert in (dB) ändert sich das SNR am Empfänger? Die Richtcharakteristik der Antenne lautet:

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \sin^{24}(\vartheta) \sin^{24}(\varphi) & \text{für } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

5 Radar (20%)

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 16 GHz und einem Antennengewinn von 40 dBi. In einer Entfernung von 2 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 20 cm geortet.

5.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

5.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 500 W beträgt?

5.3 (5%) In welcher Entfernung kann der Retroreflektor noch erkannt werden, wenn die minimale Empfangsleistung -70 dBm beträgt?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 20. 2. 2008

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		20
3		20
4		25
5		15
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

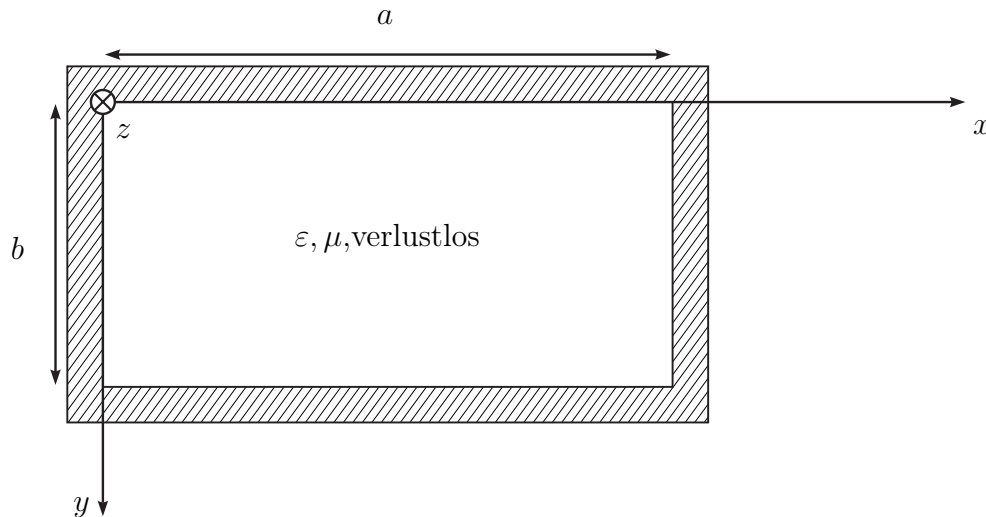
- 1.1 (2%) Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit τ_D angegeben und wie gross ist diese näherungsweise bei Kupfer?
- 1.2 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?
- 1.3 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!
- 1.4 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?
- 1.5 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

- 1.6 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?
- 1.7 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?
- 1.8 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!
- 1.9 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.10 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?

2 Rechteckhohlleiter (20%)

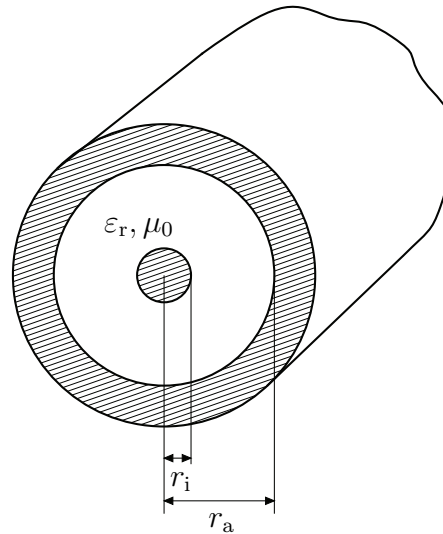
Name/Mat. Nr.: _____

Untersuchen Sie die Ausbreitung von $TE_{m,n}$ Wellen in z Richtung im skizzierten Rechteckhohlleiter.



- 2.1** (6%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten der gewünschten Moden in Ausbreitungsrichtung, der die Wellengleichung erfüllt. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen.
- 2.2** (5%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her und passen Sie an den Rand an! Welche verschwinden?
- 2.3** (3%) Berechnen Sie die Hohlleiterwellenlängen, die Grenzwellenlängen und die Grenzfrequenzen aller gefragter Moden als Funktion von m und n ! Ist ein TEM Modus ausbreitungsfähig? Wieso? Wenn ja, welche Grenzwellenlänge bzw. Feldwellenwiderstand hat er?
- 2.4** (6%) Berechnen und skizzieren Sie das Dispersionsdiagramm für die TE_{10} , TE_{11} , TE_{20} Moden für $a = 4 \text{ cm}$, $b = 2 \text{ cm}$, $\epsilon_r = 4$, $\mu_r = 1$, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$. Achten Sie auf die Beschriftung! Geben Sie die Grenzfrequenzen an! In welchem Frequenzbereich ist nur ein einziger Modus ausbreitungsfähig? Welcher?

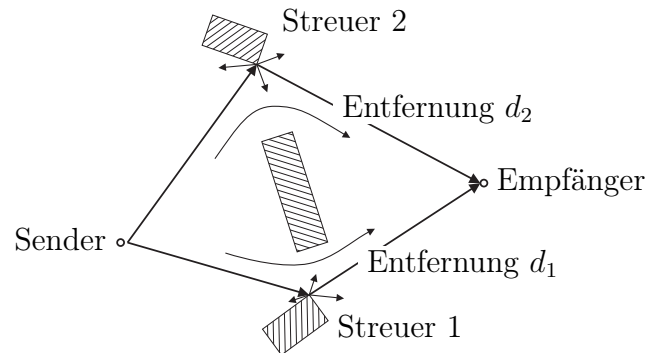
3 Koaxialkabel (20%)



- 3.1** (7%) Bestimmen Sie einen geeigneten Innenradius r_i des abgebildeten Koaxialkabels für $Z_L = 50 \Omega$. Der Außenradius sei $r_a = 7,3 \text{ mm}$, das verwendete Dielektrikum habe $\epsilon_r = 2,35$.
- 3.2** (7%) Berechnen Sie die ohmschen Verluste α_R des Kabels für eine Leitfähigkeit des Innen- bzw. Außenleiters von $\sigma = 5,7 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ bei 8 GHz in dB/m .
- 3.3** (6%) Berechnen Sie die dielektrischen Verluste α_G des Kabels für ein Dielektrikum mit $\tan \delta = 0,001$ in dB/m .

4 Zeitinvariante Zweiwegeausbreitung (25%)

Zwei gleich starke Strahlen, die von einer omnidirektionalen Sendeantenne (Isotropstrahler) ausgehen, werden an der Empfangsantenne superponiert. Der Weg des zweiten Strahles d_2 ist um 25% länger als $d_1 = 1800$ m. Die Feldstärke des ersten Strahles am Empfänger sei E_0 . Anmerkung: Nehmen Sie die Streuer als ideal reflektierend an!



- 4.1 (2%) Berechnen Sie die Laufzeiten beider Strahlen!
- 4.2 (2%) Wie groß ist die Feldstärke des zweiten Strahles (relativ zum ersten Strahl) am Empfänger?
- 4.3 (10%) Berechnen Sie die Gesamtfeldstärke am Empfänger!
- 4.4 (11%) Berechnen und zeichnen Sie (in dB, bezogen auf E_0) den Verlauf des Betrages der Gesamtfeldstärke am Empfänger als Funktion der Frequenz im Bereich von 850 bis 855 MHz!

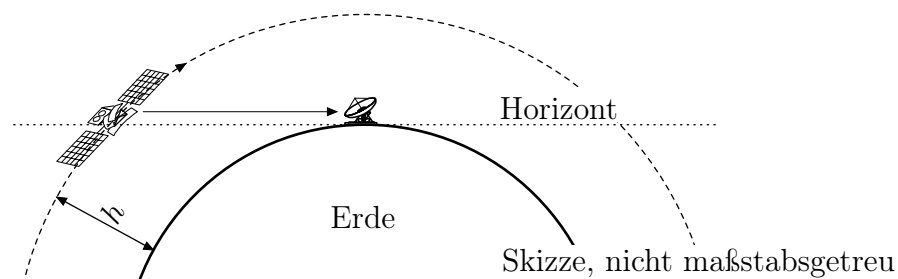
5 Satellitenfunk (15%)

Der Satellit MOST fliegt in einer erdnahen Umlaufbahn in $h = 820$ km Höhe um die Erde (Erdradius $r = 6370$ km). Er sendet bei $f = 2232$ MHz mit einer Sendeleistung von $P_s = 0,5$ W bei einer Bandbreite von $\Delta f = 78$ kHz und seine Antenne hat einen Gewinn von 0 dBi. Zwischen Sender und Antenne befinden sich Kabel mit 2 dB Verlusten.

Die Bodenstation in Wien verwendet einen Parabolspiegel mit einem Gewinn von 35 dBi der dem Satelliten bei seinem Überflug folgt und der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 115 °K.

Nehmen Sie zusätzliche Dämpfungen von 0,8 dB durch die Atmosphäre, 3 dB aufgrund von Polarisationsverlusten sowie 1,2 dB aufgrund mechanischer Toleranzen bei der Ausrichtung der Antenne an.

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



- 5.1** (10%) Berechnen Sie das SNR (in dB) für den Fall, dass sich der Satellit genau am Horizont befindet.
- 5.2** (5%) Um wieviel dB verbessert sich das SNR wenn sich der Satellit genau über Wien befindet?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 10. 3. 2008

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		10
3		30
4		15
5		25
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

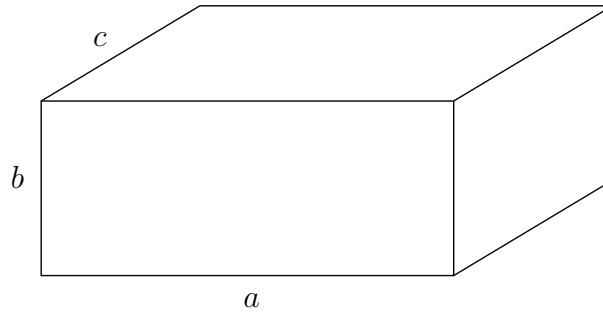
- 1.1 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!
- 1.2 (2%) Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?
- 1.3 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?
- 1.4 (2%) Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit τ_D angegeben und wie gross ist diese näherungsweise bei Kupfer?
- 1.5 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

- 1.6 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?
- 1.7 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?
- 1.8 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?
- 1.9 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.10 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!

2 Hohlraumresonator (10%)

Name/Mat. Nr.: _____

Berechnen Sie den Grundmodus TE_{101} eines luftgefüllten ($\varepsilon_r = 1$) Hohlraumresonators (Abmessungen: $a = 3 \text{ cm}$, $b = 2 \text{ cm}$, $c = 3 \text{ cm}$) mit $\mathbb{R}_M = 27 \text{ m}\Omega$.



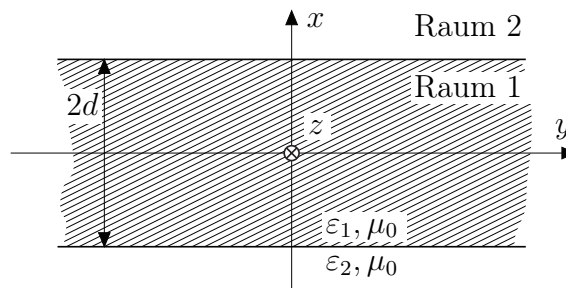
2.1 (4%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz!

2.2 (4%) Berechnen Sie die unbelastete Güte! Vereinfachen Sie die Formel unter der Berücksichtigung $a = c$!

2.3 (2%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die unbelastete Güte, wenn der Hohlraumresonator mit einem verlustlosen Dielektrikum $\varepsilon_r = 1,8$ gefüllt ist!

3 Dielektrische Platte (30%)

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)!



- 3.1 (10%) Finden Sie einen Ansatz für die Komponenten des elektromagnetischen Feldes in Ausbreitungsrichtung (positive z -Richtung) und geben Sie die Separationsbedingungen an!
- 3.2 (5%) Bestimmen Sie die restlichen Feldkomponenten!
- 3.3 (10%) 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!
- 3.4 (5%) Geben Sie die Gleichung für die Grenzfrequenz der Grundwelle an. Die Grenzfrequenz ist durch den Übergang von der geführten Welle zur ungedämpften Abstrahlung in den Raum neben der Platte definiert!

4 Radar (15%)

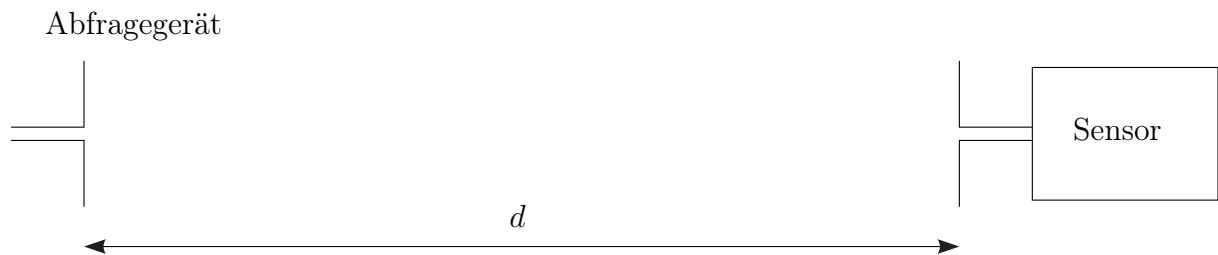
Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 12 GHz und einem Antennengewinn von 36 dBi. In einer Entfernung von 1,5 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 25 cm geortet.

4.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

4.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 500 W beträgt?

5 Drahtloser Temperatursensor (25%)

Ein drahtloser Temperatursensor soll aus $d = 0,7$ m Distanz per Funk (2,45 GHz, 1 W Sendeleistung) ausgelesen werden. Vereinfachend wird angenommen, dass das Abfragegerät und der Sensor mit optimal ausgerichteten, verlustlosen ($w = 1$) Hertz'schen Dipolen ausgestattet sind. Es wird eine Welle zum Sensor geschickt, die vom Sensor zeitverzögert und um 35 dB geschwächt reflektiert wird. Das Abfragegerät schaltet während der Zeitverzögerung auf Empfang und registriert das Sensorsignal.



5.1 (5%) Gilt für diese Anordnung die Annahme, dass sich der Sensor in der Fernzone der Antenne des Abfragegerätes befindet? Nehmen Sie die wirksame Antennenfläche als kreisförmig an!

5.2 (5%) Berechnen Sie die vom Sensor empfangene Leistung!

5.3 (5%) Wie groß ist die Dämpfung der Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät?

5.4 (10%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (ohne Rauschen) der Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät. Drücken Sie alle Pegel bzw. Teilstrecken in dBm bzw. in dB aus!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 19. 5. 2008

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		15
3		25
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

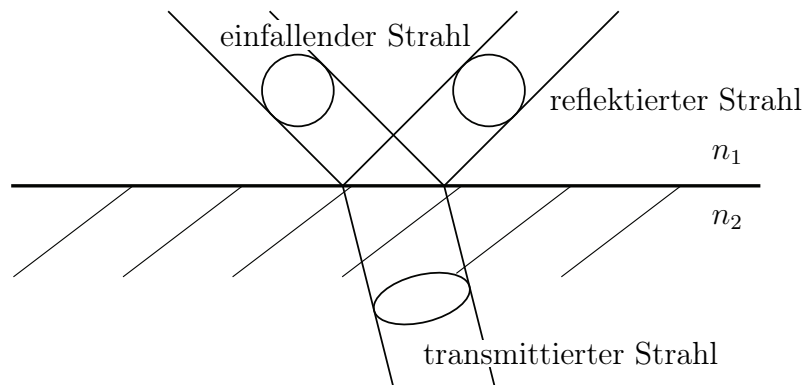
- 1.1 (2%) Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz der eindimensionalen homogenen Wellengleichung?
- 1.2 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!
- 1.3 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?
- 1.4 (2%) Welcher grundsätzliche Zusammenhang (Proportionalität) besteht zwischen Empfangsleistung und Sendeleistung als Funktion der Distanz bei leitungsgeführter Strahlung und bei Freiraumausbreitung?
- 1.5 (2%) Skizzieren Sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

- 1.6 (2%) Welchen Gewinn hat ein Hertzscher Dipol gegenüber einem Isotropstrahler?
- 1.7 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.8 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?
- 1.9 (2%) Geben Sie zwei praxisgerechte Verfahren für die Bestimmung des Antennengewinnes an (Skizze). Welche Länge muss das für die Messung verwendete Funkfeld haben?
- 1.10 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!

2 Übergang von Vakuum nach Glas (15%)

Name/Mat. Nr.: _____

Eine zirkular polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 5 \text{ mm}^2$ und einer Leistung von $P = 3 \text{ mW}$ wird unter dem Brewster-Winkel auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,4$) eingestrahlt.



2.1 (4%) Berechnen Sie Einfallswinkel θ_e , Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!

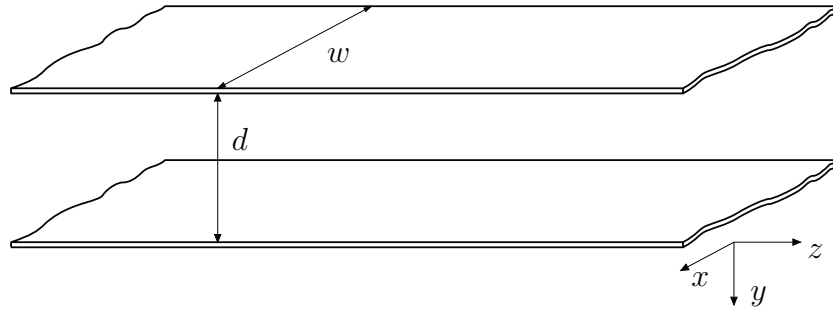
2.2 (3%) Berechnen Sie die Querschnittsfläche des transmittierten Strahls!

2.3 (8%) Berechnen Sie die Leistungen $P_{\text{TE,t}}$ und $P_{\text{TM,t}}$ der transmittierten Wellen!

3 Dämpfungsbelag der Parallelplattenleitung (25%)

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit des TEM Modus in z -Richtung auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $\varepsilon_r = 1$) untersucht werden.

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 (5%) Berechnen Sie die Komponenten der gefragten Moden, finden Sie einen Ansatz der die Wellengleichung erfüllt, ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an! Verwenden Sie dabei die Näherung $w \gg d$. Welche Komponenten verschwinden?
- 3.2 (6%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand, den Leitungswellenwiderstand und die Grenzfrequenz des gefragten Modus für $w = 10 \text{ mm}$, $d = 1 \text{ mm}$! Geben Sie alle zur Berechnung notwendigen Schritte an!
- 3.3 (9%) Berechnen Sie mittels der Power Loss Method den Dämpfungskoeffizienten für den gefragten Modus in dB/m. Das Metall sei durch $\sigma_{\text{Cu}} = 5,7 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ charakterisiert, die Frequenz sei 4 GHz.
- 3.4 (5%) Zeichnen Sie die tatsächlichen Feldbilder ohne Verwendung der Näherung $w \gg d$ in zwei Ansichten! Welche Wellentypen sind prinzipiell auf dieser Leitung ausbreitungsfähig?

4 Richtfunkstrecke (20%)

Für eine Richtfunkstrecke bei 25 GHz steht ein Sender mit einer Sendeleistung von $P = 17$ dBm zur Verfügung. Daran angeschlossen ist eine optimal ausgerichtete Antenne mit einem Gewinn $G_s = 19,5$ dBi. In einer Entfernung $d = 1,5$ km steht der Empfänger mit einer Antenne mit dem Gewinn $G_e = 15$ dBi.

4.1 (5%) In welcher Höhe muss die Richtfunkverbindung mindestens montiert werden, wenn sich in der Mitte der Strecke Sender-Empfänger ein Haus mit 20 m Höhe befindet?

4.2 (6%) Berechnen Sie die Leistung am Standort des Empfängers (in dBm)!

4.3 (9%) Bei Bauarbeiten wird die Sendeantenne versehentlich um einen Winkel $\Delta\varphi = 15^\circ$ verdreht. Um welchen Wert in (dB) ändert sich das SNR am Empfänger? Die Richtcharakteristik der Antenne lautet:

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \sin^{18}(\vartheta) \sin^{18}(\varphi) & \text{für } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

5 Radar (20%)

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 14 GHz und einem Antennengewinn von 40 dBi. In einer Entfernung von 2 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 20 cm geortet.

5.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

5.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 400 W beträgt?

5.3 (5%) In welcher Entfernung kann der Retroreflektor noch erkannt werden, wenn die minimale Empfangsleistung -80 dBm beträgt?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 25. 6. 2008

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		30
3		10
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

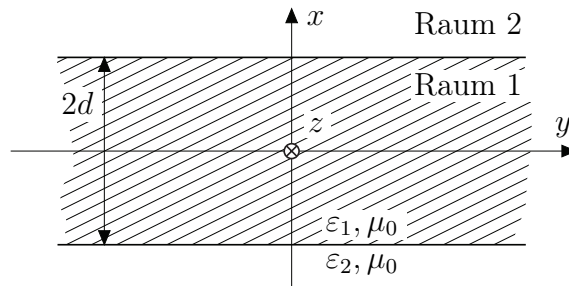
- 1.1 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellschen Gleichungen für harmonische Vorgänge in komplexer Schreibweise an! Es sei Ladungsfreiheit angenommen. Verwenden Sie wenn möglich lediglich \vec{E} und \vec{H} .
- 1.2 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!
- 1.3 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?
- 1.4 (2%) Wie lautet der Separationsansatz für die Wellenfunktion $\Psi(x, y, z)$?
- 1.5 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?

- 1.6 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!
- 1.7 (2%) Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!
- 1.8 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?
- 1.9 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?
- 1.10 (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.

2 Dielektrische Platte (30%)

Name/Mat. Nr.: _____

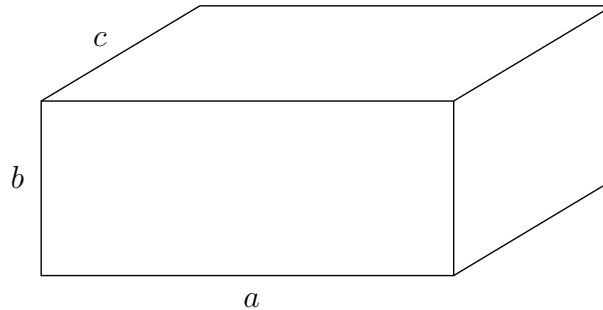
Berechnen Sie die Ausbreitungseigenschaften der H_{10} -ähnlichen Grundwelle (siehe Rechteckhohlleiter), die von einer in y - und z - Richtung unbegrenzten und in x -Richtung $2d$ dicken dielektrischen Platte (Raum 1) geführt wird (Raum 2 ist Luft)!



- 2.1 (10%) 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 $x > -d$!
- 2.2 (5%) Bestimmen Sie die restlichen Feldkomponenten!
- 2.3 (10%) 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 !
- 2.4 (5%) Ermitteln Sie eine Gleichung für die Grenzfrequenz der Grundwelle an. Die Grenzfrequenz ist durch den Übergang von der geführten Welle zur ungedämpften Abstrahlung in den Raum neben der Platte definiert!

3 Hohlraumresonator (10%)

Berechnen Sie den Grundmodus TE_{101} eines luftgefüllten ($\varepsilon_r = 1$) Hohlraumresonators (Abmessungen: $a = 4 \text{ cm}$, $b = 2 \text{ cm}$, $c = 4 \text{ cm}$) mit $\mathbb{R}_M = 20 \text{ m}\Omega$.



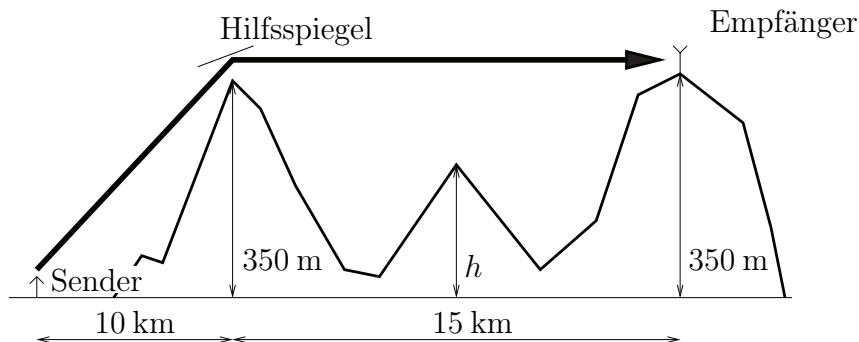
3.1 (4%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz!

3.2 (4%) Berechnen Sie die unbelastete Güte! Vereinfachen Sie zuerst die Formel unter der Berücksichtigung $a = c$! Setzen Sie dann Zahlenwerte ein!

3.3 (2%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die unbelastete Güte, wenn der Hohlraumresonator mit einem verlustlosen Dielektrikum $\varepsilon_r = 2,5$ gefüllt ist!

4 Richtfunkstrecke mit Hilfsspiegel (20%)

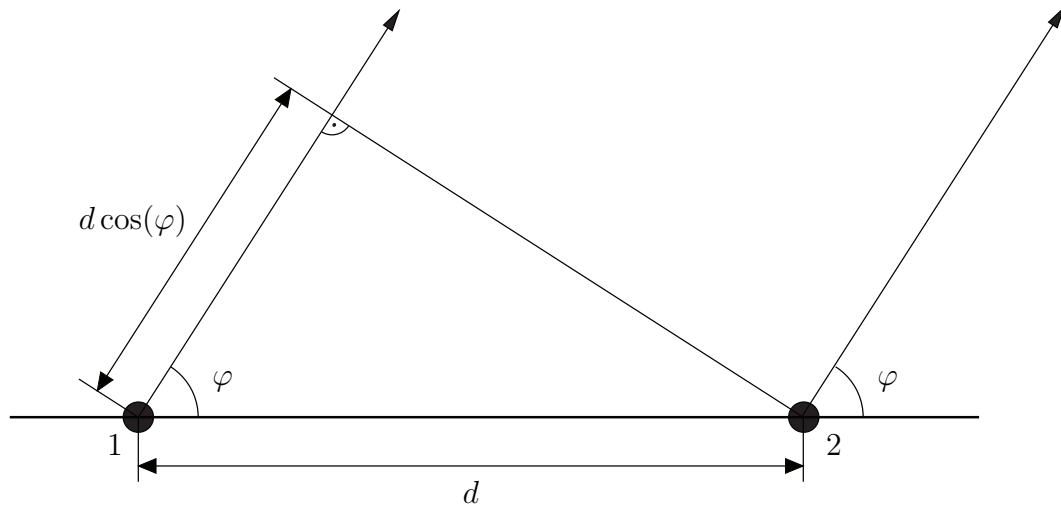
Wie in der Skizze gezeigt, soll eine Richtfunkstrecke auf 12 GHz zwischen einem Sender und einem Empfänger in hügeligem Gelände über einen Hilfsspiegel realisiert werden. Der Streuquerschnitt des Hilfsspiegels ist $\sigma = 180 \text{ m}^2$, der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 500 °K und eine Bandbreite von 6 MHz. Der Abstand zwischen Signalleistung und Rauschleistung muss mindestens 22 dB betragen. Die Empfangsantenne ist ein Parabolspiegel mit Durchmesser $D = 1,3 \text{ m}$ und einem Flächenwirkungsgrad von 0,8. Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ws/}^\circ\text{K}$



- 4.1 (6%) Welche Höhe h darf ein ungefähr in der Mitte zwischen Hilfsspiegel und Empfänger liegender Hügel maximal haben, ohne die Richtfunkstrecke nennenswert zu beeinträchtigen? Erklären Sie Ihre Argumentation!
- 4.2 (10%) Welche EIRP (in Watt und in dBW) muss die Sendeanlage erzeugen, damit der erforderliche Signal/Rausch-Abstand am Empfänger erreicht wird?
- 4.3 (4%) Welche Sendeleistung (in Watt und in dBW) ist nötig, wenn die Sendeanlage eine baugleiche Parabolantenne verwendet wie der Empfänger?

5 Richtdiagramm einer Antennengruppe (20%)

Zwei baugleiche omnidirektionale Antenne im Abstand d , welche entkoppelt angenommen werden, erzeugen in einem sehr grossen Abstand r Feldstärken, welche dem Betrag nach identisch als E_0 angenommen werden können. Berechnen Sie das Richtdiagramm einer derartigen Anordnung in der Zeichenebene (x, y) !



Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 20. 10. 2008

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		15
3		25
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

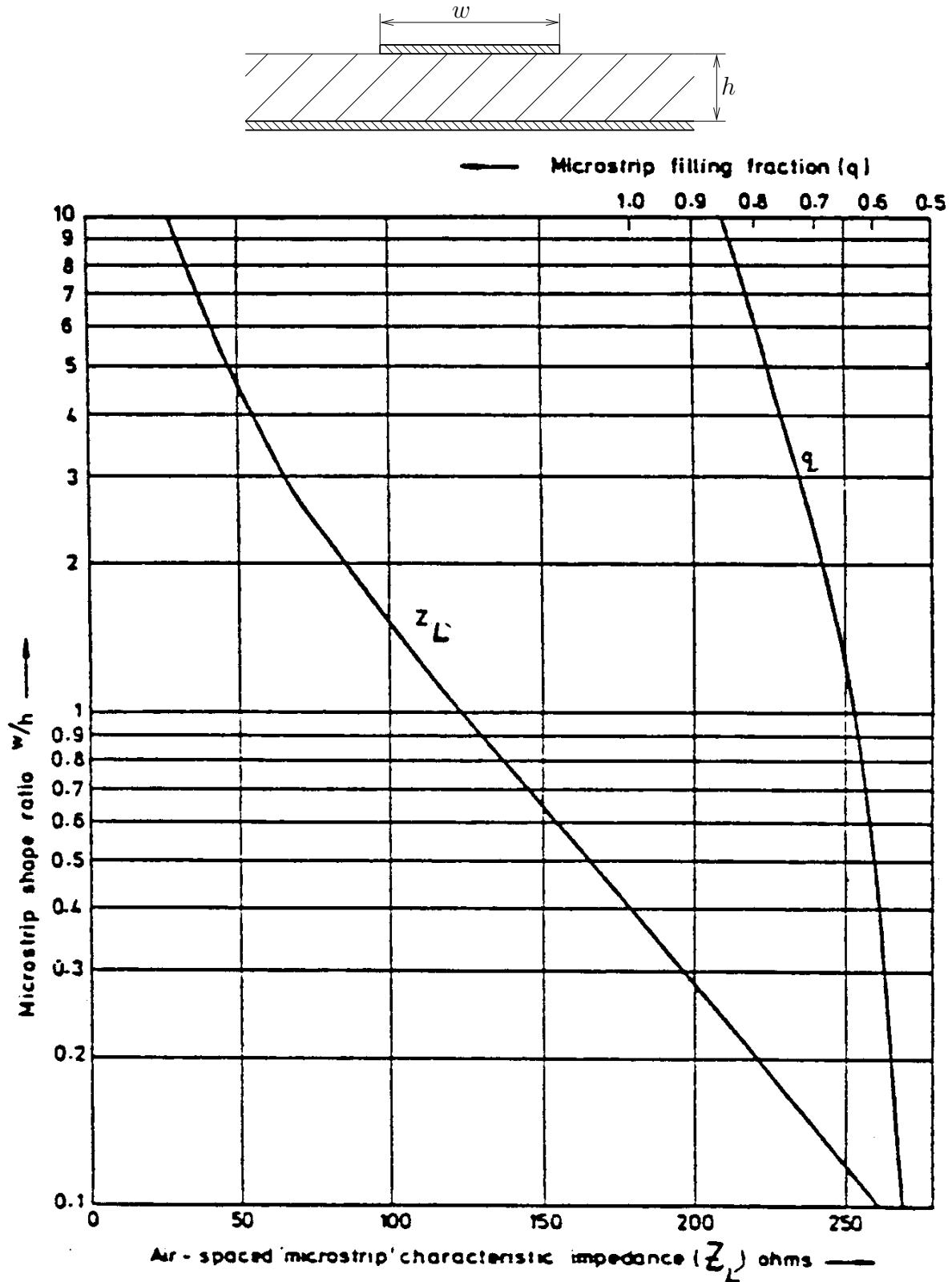
- 1.1 (2%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?
- 1.2 (2%) Geben Sie den Grundmodus der Parallelplattenleitung, des Rechteckhohlwellenleiters und des Koaxialkabels an!
- 1.3 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!
- 1.4 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x, y, z abhängige Wellenfunktion aus?
- 1.5 (2%) Nennen Sie je zwei Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!

- 1.6 (2%) Geben Sie zwei praxisgerechte Verfahren für die Bestimmung des Antennengewinnes an (Skizze). Welche Länge muss das für die Messung verwendete Funkfeld haben?
- 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%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?
- 1.9 (2%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!
- 1.10 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!

2 Mikrostreifenleitung (15%)

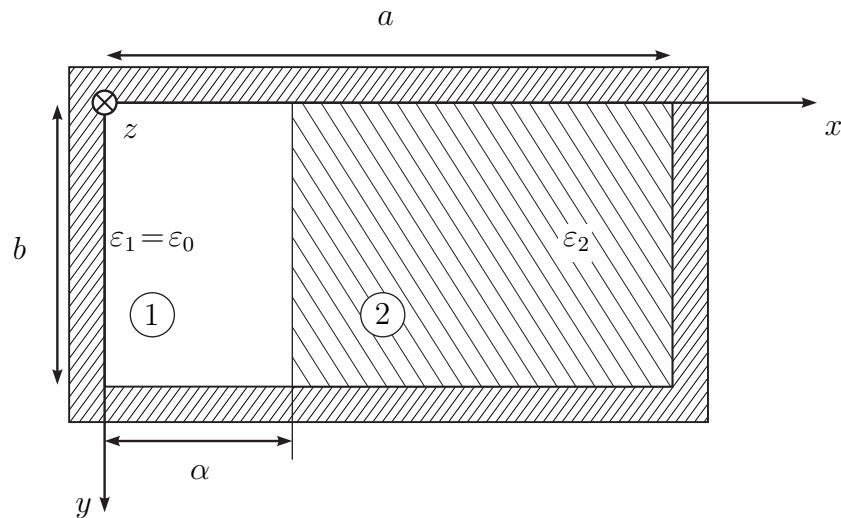
Name/Mat. Nr.: _____

Dimensionieren Sie eine $50\ \Omega$ Mikrostreifenleitung bei 9 GHz mit Hilfe des abgebildeten Nomogramms. Als Trägermaterial ist ein Al_2O_3 -Keramiksубstrat ($\epsilon_r = 9$) vorgesehen. Die Höhe des Trägermaterials ist $h = 0,8\text{ mm}$. Erklären Sie jeden Schritt Ihrer Vorgangsweise!



3 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (25%)

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz.



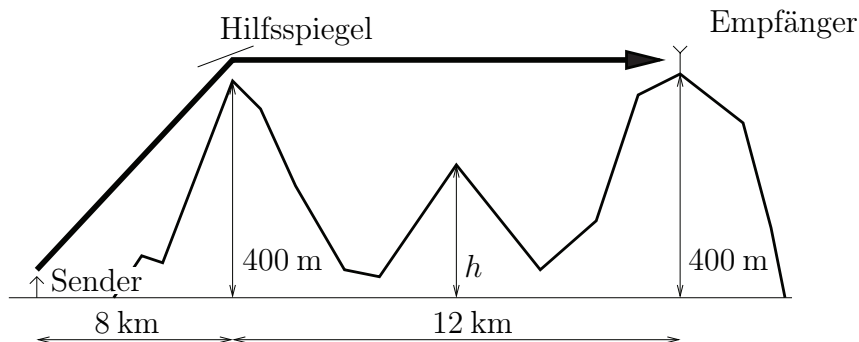
Medium 1 ist Luft mit ε_0 und μ_0 .

Medium 2 ist ein Dielektrikum mit $\varepsilon_0\varepsilon_{r,2}$ und μ_0 .

- 3.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 3.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 3.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an der Grenzfläche zwischen Luft und Dielektrikum die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante!
- 3.4 (5%) Skizzieren Sie das Felddbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

4 Richtfunkstrecke mit Hilfsspiegel (20%)

Wie in der Skizze gezeigt, soll eine Richtfunkstrecke auf 11 GHz zwischen einem Sender und einem Empfänger in hügeligem Gelände über einen Hilfsspiegel realisiert werden. Der Streuquerschnitt des Hilfsspiegels ist $\sigma = 220 \text{ m}^2$, der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 400 °K und eine Bandbreite von 6 MHz . Der Abstand zwischen Signalleistung und Rauschleistung muss mindestens 18 dB betragen. Die Empfangsantenne ist ein Parabolspiegel mit Durchmesser $D = 1,5 \text{ m}$ und einem Flächenwirkungsgrad von $0,8$. Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ws/°K}$



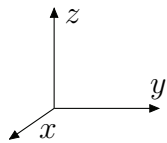
- 4.1 (6%) Welche Höhe h darf ein ungefähr in der Mitte zwischen Hilfsspiegel und Empfänger liegender Hügel maximal haben, ohne die Richtfunkstrecke nennenswert zu beeinträchtigen? Erklären Sie Ihre Argumentation!
- 4.2 (10%) Welche EIRP (in Watt und in dBW) muss die Sendeanlage erzeugen, damit der erforderliche Signal/Rausch-Abstand am Empfänger erreicht wird?
- 4.3 (4%) Welche Sendeleistung (in Watt und in dBW) ist nötig, wenn die Sendeanlage eine baugleiche Parabolantenne verwendet wie der Empfänger?

5 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

$$f(\vartheta, \varphi) = |\sin(\vartheta) \cos(\varphi) \cos(\varphi/2)|$$

- 5.1 (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.**



- 5.2 (8%) Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!**

Hinweis: $\int \sin^3(ax) \, dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + \frac{1}{3a} \cos^3(ax)$ und
 $\int (\cos(x) \cos(ax))^2 \, dx = \frac{\sin(2(a+1)x)}{16(a+1)} + \frac{\sin(2(a-1)x)}{16(a-1)} + \frac{\sin(2ax)}{8a} + \frac{\sin(2x)}{8} + \frac{x}{4}$

- 5.3 (5%) Berechnen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler und über dem Hertz'schen Dipol!**

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 10. 11. 2008

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.

Beginnen Sie mit den Ausarbeitungen jedenfalls auf den Angabebättern! Falls Sie zu wenig Platz finden, verwenden Sie zusätzlich eigenes Papier. Vergessen Sie Name und Matrikelnummer (rechts oben auf jeder Seite) nicht! Sie haben insgesamt 3 Stunden Zeit!

ACHTUNG: Ab sofort werden die alte (WA VO 1+2) und die neue (WA VU) Form der Vorlesung mittels der GLEICHEN schriftlichen Prüfung geprüft! Die Kandidaten der alten Form bekommen ebenfalls nur die Formelsammlung. Weder das Skriptum noch handschriftliche Notizen sind erlaubt! Falls ein Kandidat nur den WA1-Teil oder den WA2-Teil machen will, so ist das dem Prüfungsbetreuer vor der Prüfung mitzuteilen. Es sind dann nur 1,5 Stunden Zeit!

Name:	Matrikelnr.:	
Punkte	%	von %
1		20
2		25
3		15
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

- 1.1 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?
- 1.2 (2%) Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?
- 1.3 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?
- 1.4 (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} .
- 1.5 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x, y, z abhängige Wellenfunktion aus?

1.6 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?

1.7 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?

1.8 (2%) Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!

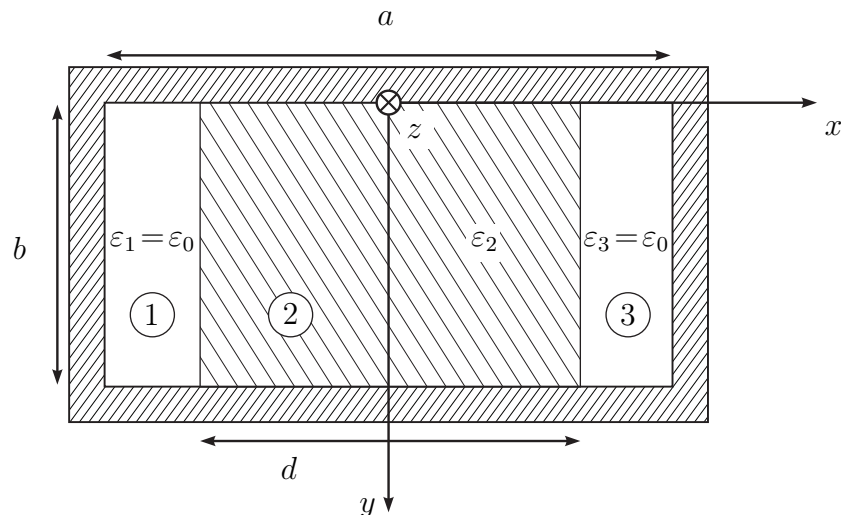
1.9 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?

1.10 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?

2 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (25%)

Name/Mat. Nr.: _____

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz.



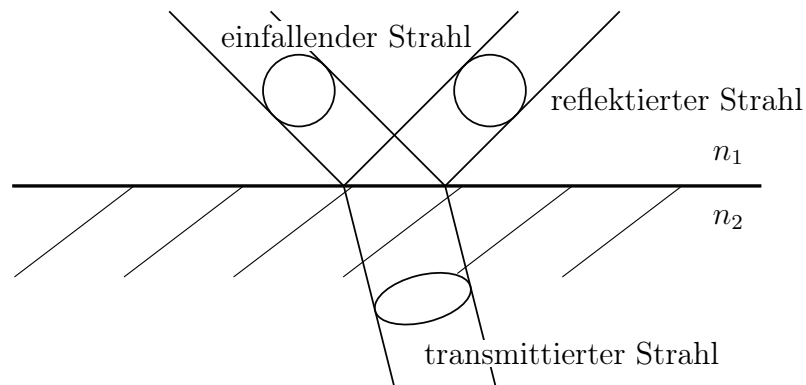
Medium 1 und 3 ist Luft mit ε_0 und μ_0 .

Medium 2 ist ein Dielektrikum mit $\varepsilon_0\varepsilon_{r,2}$ und μ_0 .

- 2.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2, 3$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 2.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 2.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an der Grenzfläche zwischen Luft und Dielektrikum die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung!
- 2.4 (5%) Skizzieren Sie das Felddbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung!

3 Übergang von Vakuum nach Glas (15%)

Eine zirkular polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 2 \text{ mm}^2$ und einer Leistung von $P = 4 \text{ mW}$ wird unter dem Brewster-Winkel auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,5$) eingestrahlt.



3.1 (4%) Berechnen Sie Einfallswinkel θ_e , Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!

3.2 (3%) Berechnen Sie die Querschnittsfläche des transmittierten Strahls!

3.3 (8%) Berechnen Sie die Leistungen $P_{\text{TE,t}}$ und $P_{\text{TM,t}}$ der transmittierten Wellen!

4 Mobilfunksystem (20%)

Über ein Mobilfunksystem sind folgende Parameter bekannt: Betriebsfrequenz 1,8 GHz, Bandbreite 200 kHz, Zusatzrauschen des Empfängers 6 dB, minimal erforderliches SNR am Demodulator des Empfängers 13 dB, Gewinn der Empfangsantenne -8 dBi. Die Sendeantenne ist eine typische Sektorantenne mit 1,5 m Höhe, 30 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.

4.1 (5%) In welcher Entfernung beginnt das Fernfeld dieser Sendeantenne?

4.2 (10%) Ermitteln Sie die maximal erlaubte Ausbreitungsdämpfung und die entsprechende Entfernung für eine Sendeleistung von 17 dBm! Geben Sie alle auftretenden Größen in logarithmischen Maßen (dB, dBm,...) an.

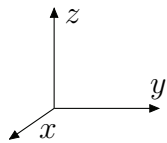
4.3 (5%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (Handskizze, muss nicht masstäblich sein)!

5 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

$$f(\vartheta, \varphi) = |\sin(\vartheta) \cos(\varphi) \cos(\varphi/2)|$$

- 5.1 (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.**



- 5.2 (8%) Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!**

Hinweis: $\int \sin^3(ax) \, dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + \frac{1}{3a} \cos^3(ax)$ und
 $\int (\cos(x) \cos(ax))^2 \, dx = \frac{\sin(2(a+1)x)}{16(a+1)} + \frac{\sin(2(a-1)x)}{16(a-1)} + \frac{\sin(2ax)}{8a} + \frac{\sin(2x)}{8} + \frac{x}{4}$

- 5.3 (5%) Berechnen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler und über dem Hertz'schen Dipol!**

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 12. 1. 2009

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 zusätzlich eigenes 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		25
3		15
4		15
5		25
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

1.1 (2%) Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

1.2 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!

1.3 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?

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

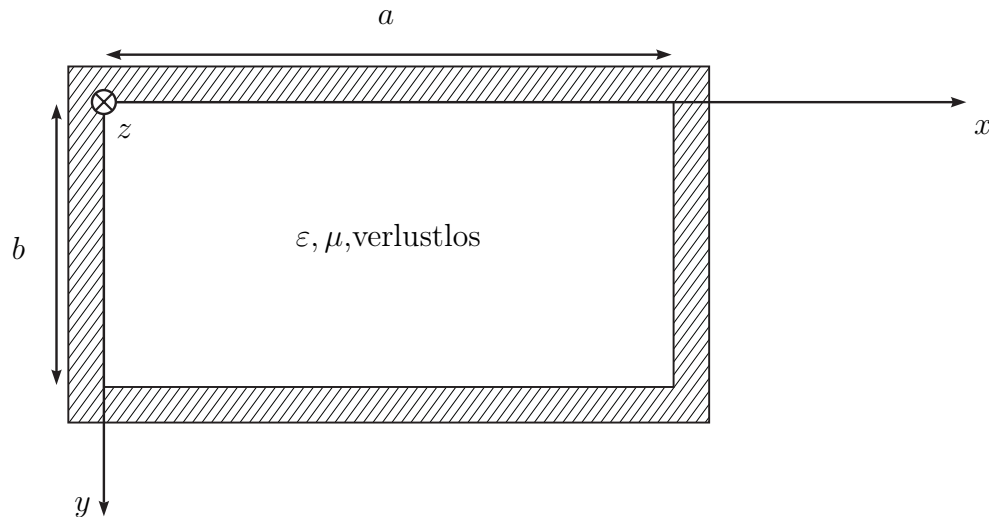
1.5 (2%) Welcher grundsätzliche Zusammenhang (Proportionalität) besteht zwischen Empfangsleistung und Sendeleistung als Funktion der Distanz bei leitungsgeführter Strahlung und bei Freiraumausbreitung?

- 1.6 (2%) Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!
- 1.7 (2%) Was ist ein Weibull-Plot und wie sieht darin eine Rayleigh-Verteilung aus?
- 1.8 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !
- 1.9 (2%) Schreiben Sie zwei Definitionen des Antennengewinns an! Erklären Sie die verwendeten Größen und geben Sie ihre Einheiten an!
- 1.10 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!

2 Rechteckhohlleiter (25%)

Name/Mat. Nr.: _____

Untersuchen Sie die Ausbreitung einer TE_{10} Welle in z Richtung im skizzierten Rechteckhohlleiter.

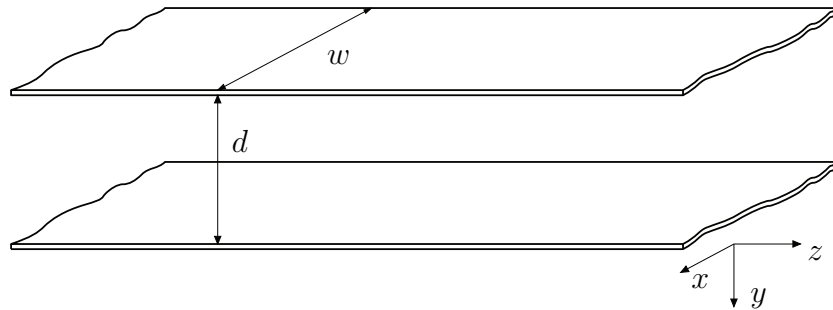


- 2.1** (7%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten des gewünschten Modus in Ausbreitungsrichtung, der die Wellengleichung erfüllt. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an.
- 2.2** (3%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her. Welche verschwinden?
- 2.3** (12%) Der Hohlleiter wird im X-Band eingesetzt und hat die Abmessungen bzw. Kenndaten $a = 19,05 \text{ mm}$, $b = 8,47 \text{ mm}$, $\varepsilon = \varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$, $\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$. Er wird bei 14 GHz betrieben. Berechnen Sie die maximale elektrische Feldstärke bei einer übertragenen Leistung von 37 dBW.
- 2.4** (3%) Ist die Verwendung dieses Hohlleiters bei einer Durchschlagsfeldstärke von 15 kV/cm (Luft) möglich? Wenn dies nicht möglich ist oder wäre, wie könnte man dies dennoch ermöglichen?

3 Parallelplattenleitung (15%)

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit von TEM, TE_m und TM_m Moden in z -Richtung auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $\varepsilon_r = 1$) untersucht werden.

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 (7%) Die Leitung soll von 10 bis 12 GHz im Monomodebetrieb eingesetzt werden. Dimensionieren Sie d so, dass die Grenze für Monomodebetrieb 20% über bzw. unter dem angegebenen Bereich liegt.
- 3.2 (3%) Welche Moden sind bei der doppelten Betriebsfrequenz ausbreitungsfähig?
- 3.3 (5%) Zeichnen Sie ein Dispersionsdiagramm für die untersten 5 Moden.

4 Radar (15%)

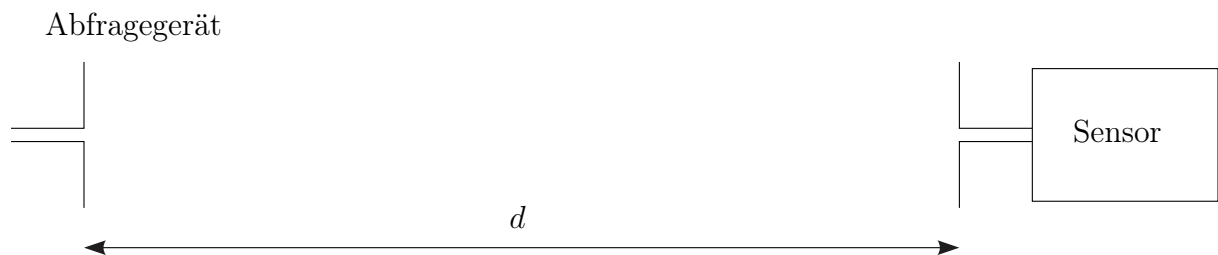
Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 13 GHz und einem Antennengewinn von 40 dBi. In einer Entfernung von 3 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 20 cm geortet.

4.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

4.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 1000 W beträgt?

5 Drahtloser Temperatursensor (25%)

Ein drahtloser Temperatursensor soll aus $d = 5$ m Distanz per Funk (433 MHz, 100 mW Sendeleistung) ausgelesen werden. Vereinfachend wird angenommen, dass das Abfragegerät und der Sensor mit optimal ausgerichteten, verlustbehafteter ($w = 0,9$) Hertz'schen Dipolen ausgestattet sind. Es wird eine Welle zum Sensor geschickt, die vom Sensor zeitverzögert und um 28 dB geschwächt reflektiert wird. Das Abfragegerät schaltet während der Zeitverzögerung auf Empfang und registriert das Sensorsignal.



- 5.1 (5%)** Gilt für diese Anordnung die Annahme, dass sich der Sensor in der Fernzone der Antenne des Abfragegerätes befindet? Nehmen Sie die wirksame Antennenfläche als kreisförmig an!
- 5.2 (5%)** Berechnen Sie die vom Sensor empfangene Leistung!
- 5.3 (5%)** Wie groß ist die Differenz zwischen der gesendeten Leistung und der am Abfragegerät empfangenen Leistung in dB (Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät)?
- 5.4 (10%)** Zeichnen Sie einen Pegelplan (ohne Rauschen) der Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät. Geben Sie alle Pegel bzw. Änderungen auf den Teilstrecken an (in dBm bzw. in dB)!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 16. 3. 2009

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 zusätzlich eigenes 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		15
3		25
4		20
5		20
Σ		100

1 Theoriefragen (20%)

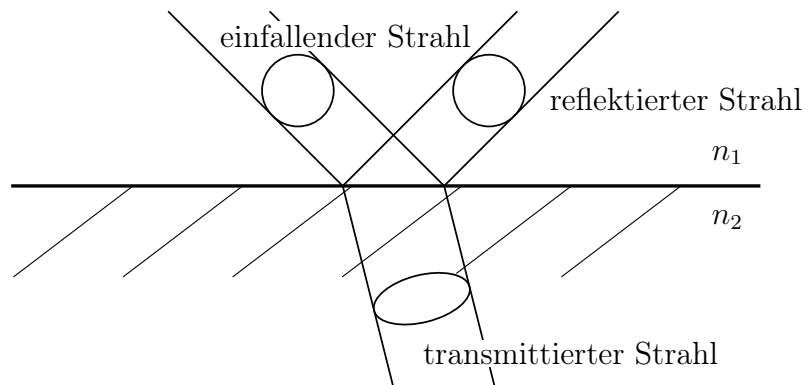
- 1.1 (2%) Skizzieren sie die Felddbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!
- 1.2 (2%) Nennen Sie je zwei Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!
- 1.3 (2%) Wie groß ist die Wellenlänge einer sich im Vakuum ausbreitenden HEW mit $f = 1 \text{ GHz}$?
- 1.4 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x, y, z abhängige Wellenfunktion aus?
- 1.5 (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.

- 1.6 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!
- 1.7 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?
- 1.8 (2%) Welche Ausbreitungsphänomene werden durch eine Rayleigh- bzw. durch eine Rice-Verteilung beschrieben?
- 1.9 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?
- 1.10 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?

2 Übergang von Vakuum nach Glas (15%)

Name/Mat. Nr.: _____

Eine zirkular polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 3 \text{ mm}^2$ und einer Leistung von $P = 10 \text{ mW}$ wird unter dem Brewster-Winkel auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,6$) eingestrahlt.



2.1 (4%) Berechnen Sie Einfallswinkel θ_e , Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!

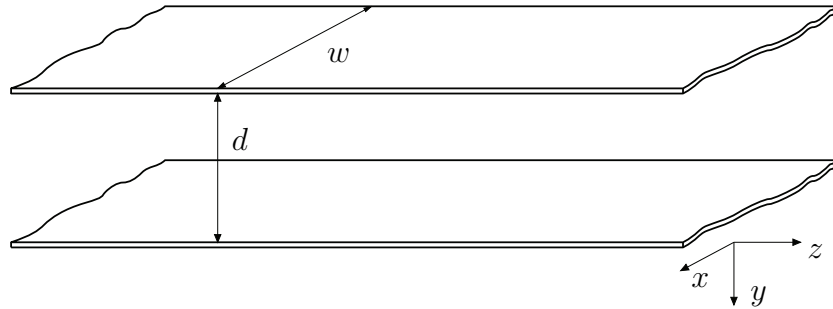
2.2 (3%) Berechnen Sie die Querschnittsfläche des transmittierten Strahls!

2.3 (8%) Berechnen Sie die Leistungen $P_{\text{TE,t}}$ und $P_{\text{TM,t}}$ der transmittierten Wellen!

3 Dämpfungsbelag der Parallelplattenleitung (25%)

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit des TEM Modus in z -Richtung auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $\varepsilon_r = 3,5$) untersucht werden.

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



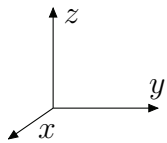
- 3.1 (5%) Berechnen Sie die Komponenten der gefragten Moden, finden Sie einen Ansatz der die Wellengleichung erfüllt, ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an! Verwenden Sie dabei die Näherung $w \gg d$. Welche Komponenten verschwinden?
- 3.2 (6%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand, den Leitungswellenwiderstand und die Grenzfrequenz des gefragten Modus für $w = 12 \text{ mm}$, $d = 3 \text{ mm}$! Geben Sie alle zur Berechnung notwendigen Schritte an!
- 3.3 (9%) Berechnen Sie mittels der Power Loss Method den Dämpfungskoeffizienten für den gefragten Modus in dB/m. Das Metall sei durch $\sigma_{\text{Cu}} = 48 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ charakterisiert, die Frequenz sei 7 GHz. Geben Sie alle zur Berechnung notwendigen Schritte an!
- 3.4 (5%) Zeichnen Sie die tatsächlichen Feldbilder ohne Verwendung der Näherung $w \gg d$ in zwei Ansichten! Welche Wellentypen sind prinzipiell auf dieser Leitung ausbreitungsfähig?

4 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} |\sin(\vartheta) \cos(\varphi)| & \text{für } 0 \leq \varphi < \frac{\pi}{2} \text{ und } \frac{3\pi}{2} \leq \varphi < 2\pi \\ |\frac{1}{2} \sin(\vartheta) \cos(3\varphi)| & \text{sonst} \end{cases}$$

- 4.1 (7%)** Skizzieren Sie das Richtdiagramm in horizontaler (x/y) und vertikaler (x/z) Ebene! Zeichnen Sie ϑ und φ in Ihren Skizzen und dem abgebildeten Koordinatensystem ein.



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

Hinweis: $\int \sin^3(ax) \, dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + \frac{1}{3a} \cos^3(ax)$ und $\int \cos^2(ax) \, dx = \frac{1}{2}x + \frac{1}{4a} \sin(2ax)$

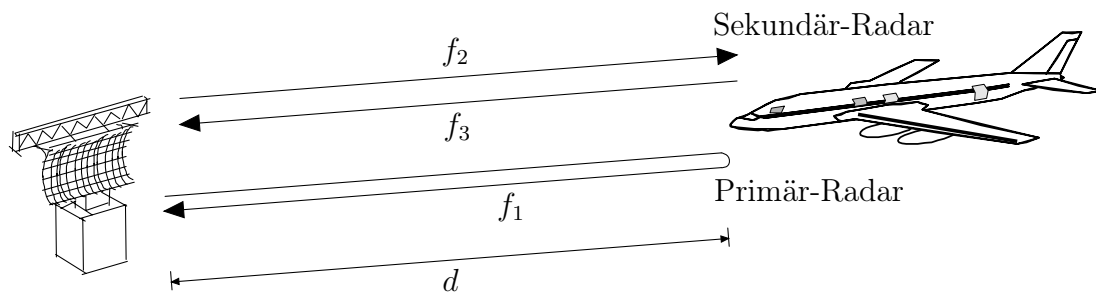
- 4.3 (5%)** Berechnen Sie den Gewinn über dem Isotropstrahler und über dem Hertz'schen Dipol!

5 Flughafenradar (20%)

Ein Flughafen setzt ein monostatisches Primär-Radar ein um die Entfernung der Flugzeuge zu messen. An den Sender mit einer Sendeleistung P_{s1} von 47 dBW bei $f_1 = 13$ GHz ist eine Antenne mit einem Gewinn G_{s1} von 45 dBi angeschlossen. Ein typisches Flugzeug habe einen Radarquerschnitt von $\sigma = 90 \text{ m}^2$. Der Empfänger des Primär-Radars habe eine Rauschtemperatur $T_1 = 150 \text{ °K}$ und eine Bandbreite $\Delta f_1 = 180 \text{ MHz}$.

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 $f_2 = 11000 \text{ MHz}$ sende über eine Antenne mit einem Gewinn G_{s2} von 12 dBi eine Anfrage an das Flugzeug. Dieses empfängt das Signal mit einer Antenne mit einem Gewinn G_{e2} von 4 dBi. Der Empfänger im Flugzeug habe eine Rauschtemperatur von $T_2 = 180 \text{ °K}$ und eine Bandbreite $\Delta f_2 = 0,5 \text{ MHz}$. Wird das Signal empfangen, antwortet das Flugzeug auf einer Frequenz f_3 .

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



- 5.1 (12%) Berechnen Sie die maximale Reichweite d_{max} des Radars, wenn ein minimales SNR von 15 dB erreicht werden soll.
- 5.2 (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?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 18. 5. 2009

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 zusätzlich eigenes 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%)

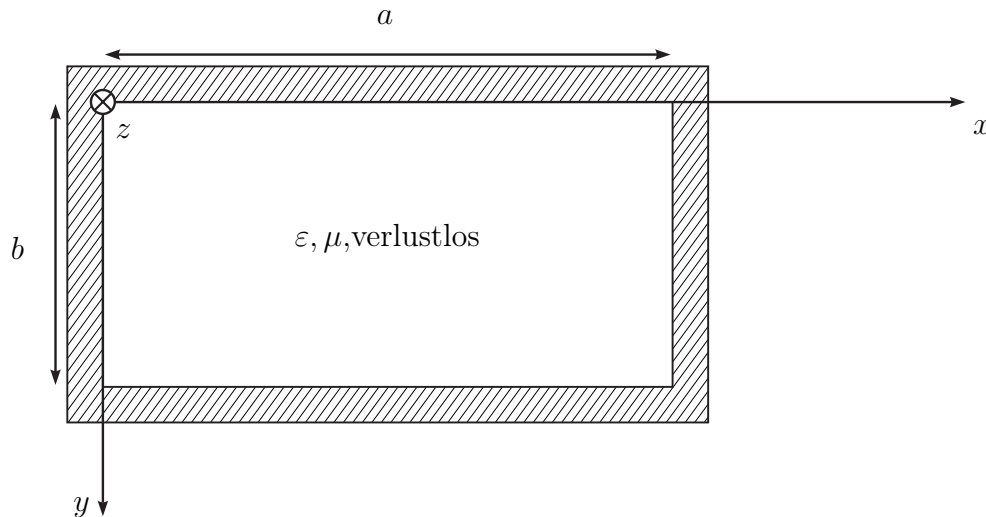
- 1.1 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?
- 1.2 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!
- 1.3 (2%) Was beschreibt der Imaginärteil der Wellzahl k_z bei einer sich in z -Richtung ausbreitenden Welle?
- 1.4 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x, y, z abhängige Wellenfunktion aus?
- 1.5 (2%) Welcher grundsätzliche Zusammenhang (Proportionalität) besteht zwischen Empfangsleistung und Sendeleistung als Funktion der Distanz bei leitungsgeführter Strahlung und bei Freiraumausbreitung?

- 1.6 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!
- 1.7 (2%) Was ist ein Weibull-Plot und wie sieht darin eine Rayleigh-Verteilung aus?
- 1.8 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !
- 1.9 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?
- 1.10 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?

2 Rechteckhohlleiter (20%)

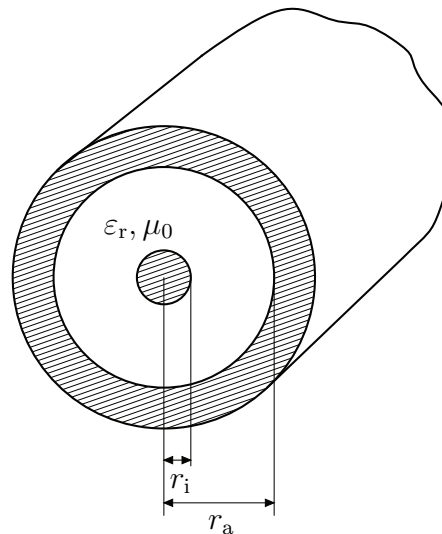
Name/Mat. Nr.: _____

Untersuchen Sie die Ausbreitung von $TE_{m,n}$ Wellen in z Richtung im skizzierten Rechteckhohlleiter.



- 2.1 (6%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten der gewünschten Moden in Ausbreitungsrichtung, der die Wellengleichung erfüllt. Ermitteln Sie die Separationsbedingungen.
- 2.2 (5%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her und passen Sie an den Rand an! Welche Komponenten verschwinden?
- 2.3 (3%) Berechnen Sie die Hohlleiterwellenlängen, die Grenzwellenlängen und die Grenzfrequenzen aller gefragter Moden als Funktion von m und n ! Ist ein TEM Modus ausbreitungsfähig? Wieso? Wenn ja, welche Grenzwellenlänge bzw. Feldwellenwiderstand hat er?
- 2.4 (6%) Berechnen und skizzieren Sie das Dispersionsdiagramm für die TE_{10} , TE_{11} , TE_{20} Moden für $a = 4 \text{ cm}$, $b = 3 \text{ cm}$, $\epsilon_r = 3$, $\mu_r = 1$, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$. Achten Sie auf die Beschriftung! Geben Sie die Grenzfrequenzen an! In welchem Frequenzbereich ist nur ein einziger Modus ausbreitungsfähig? Welcher?

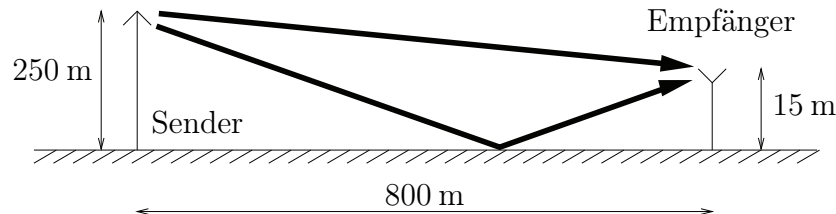
3 Koaxialkabel (20%)



- 3.1 (5%) Bestimmen Sie einen geeigneten Innenradius r_i des abgebildeten Koaxialkabels für $Z_L = 60 \Omega$. Der Außenradius sei $r_a = 8,5 \text{ mm}$, das verwendete Dielektrikum sei Luft mit $\epsilon_r = 1$.
- 3.2 (5%) Die Innen- bzw. Außenleiter bestehen aus Kupfer mit $\sigma = 57 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. Wie groß ist die Eindringtiefe bei $f = 5 \text{ GHz}$? Berechnen Sie die ohmschen Verluste des Kabels in dB/m .
- 3.3 (5%) Ein Ende der Koaxialleitung wird mit Hilfe einer kreisförmigen Scheibe aus Graphit abgeschlossen. Die Scheibe habe ein $R_{\square} = 120\pi \Omega$. Welchen ohmschen Widerstand hat die kreisförmige Scheibe für eine einfallende TEM Welle?
- 3.4 (5%) Wie groß ist der Reflexionsfaktor am Ende der Koaxialleitung auf Grund des Abschlusswiderstandes der kreisförmigen Scheibe? In welchem Frequenzbereich gilt dieser Reflexionsfaktor?

4 Zwei-Wege Ausbreitung im Mobilfunk (20%)

Gegeben ist die abgebildete Anordnung bestehend aus einem Sender mit Höhe h_S und einem Empfänger mit Höhe h_E in Entfernung d . Der Boden ist ideal leitfähig, sodass der Empfänger neben der direkten Welle eine gleich starke, reflektierte Welle empfängt. Die Mittenfrequenz des Senders beträgt 2 GHz.



- 4.1 (3%) Wie groß ist der Laufzeitunterschied zwischen den beiden Ausbreitungspfaden?
- 4.2 (3%) Überprüfen Sie, ob der Boden in die erste Fresnelzone hineinragt.
- 4.3 (4%) Wie hoch ist die Ausbreitungsdämpfung des direkten Pfads (also ohne Berücksichtigung der Reflexion) in dB?
- 4.4 (5%) Der Empfänger bewegt sich rund um seinen Standort. Welcher ungefähre räumliche Abstand ist zwischen zwei Schwundlöchern zu erwarten?
- 4.5 (5%) Durch die Reflexion kommt es beim Empfänger zu Schwund. Wie groß ist der Frequenzabstand zwischen zwei Schwundlöchern?

5 Radar (20%)

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 14 GHz und einem Antennengewinn von 37 dBi. In einer Entfernung von 5 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 35 cm geortet.

5.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

5.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 800 W beträgt?

5.3 (5%) In welcher Entfernung kann der Retroreflektor noch erkannt werden, wenn die minimale Empfangsleistung -90 dBm beträgt?

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 29. 6. 2009

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 zusätzlich eigenes 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

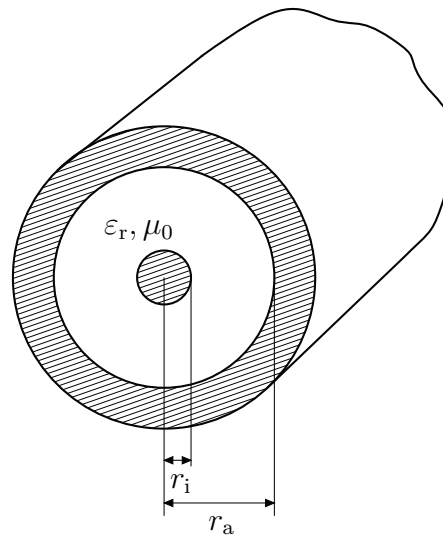
1 Theoriefragen (20%)

- 1.1 (2%) Skizzieren sie die Felddbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!
- 1.2 (2%) Wie hängen bei der Microstripleitung die Verluste von der Frequenz ab?
- 1.3 (2%) Geben Sie den Grundmodus der Parallelplattenleitung, des Rechteckhohlwellenleiters und des Koaxialkabels an!
- 1.4 (2%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?
- 1.5 (2%) Wie groß ist die Wellenzahl einer HEW im Vakuum bei $f = 500 \text{ MHz}$?

- 1.6 (2%) Welchen Gewinn hat ein Hertzscher Dipol gegenüber einem Isotropstrahler?
- 1.7 (2%) Nennen Sie fünf wichtige elektrische Eigenschaften von Antennen!
- 1.8 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Logarithmisch-Periodische-Antenne?
- 1.9 (2%) Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!
- 1.10 (2%) Geben Sie zwei praxisgerechte Verfahren für die Bestimmung des Antennengewinnes an (Skizze). Welche Länge muss das für die Messung verwendete Funkfeld haben?

2 Koaxialkabel (20%)

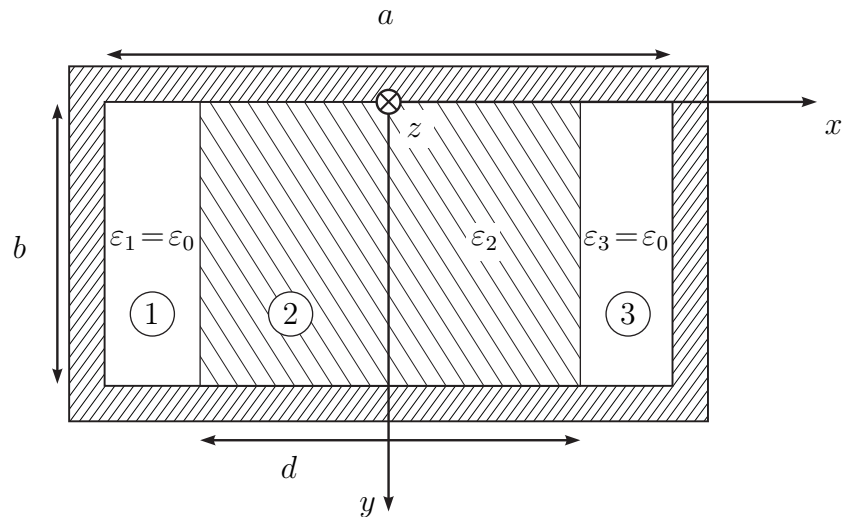
Name/Mat. Nr.: _____



- 2.1** (7%) Bestimmen Sie einen geeigneten Innenradius r_i des abgebildeten Koaxialkabels für $Z_L = 50 \Omega$. Der Außenradius sei $r_a = 12,5 \text{ mm}$, das verwendete Dielektrikum habe $\epsilon_r = 2,1$.
- 2.2** (7%) Berechnen Sie die ohmschen Verluste α_R des Kabels für eine Leitfähigkeit des Innen- bzw. Außenleiters von $\sigma = 57 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ bei 7 GHz 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 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (20%)

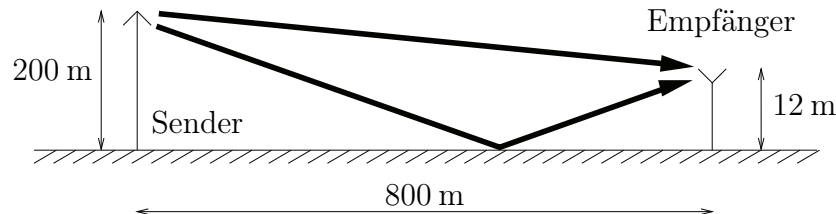
Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz. $\mu = \mu_0$.



- 3.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2, 3$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 3.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 3.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an der Grenzfläche zwischen Luft und Dielektrikum die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung!

4 Zwei-Wege Ausbreitung im Mobilfunk (20%)

Gegeben ist die abgebildete Anordnung bestehend aus einem Sender mit Höhe h_S und einem Empfänger mit Höhe h_E in Entfernung d . Der Boden ist ideal leitfähig, sodass der Empfänger neben der direkten Welle eine gleich starke, reflektierte Welle empfängt. Die Mittenfrequenz des Senders beträgt 2,1 GHz.



- 4.1 (3%) Wie groß ist der Laufzeitunterschied zwischen den beiden Ausbreitungspfadern?
- 4.2 (3%) Überprüfen Sie, ob der Boden in die erste Fresnelzone hineinragt.
- 4.3 (4%) Wie hoch ist die Ausbreitungsdämpfung des direkten Pfads (also ohne Berücksichtigung der Reflexion) in dB?
- 4.4 (5%) Der Empfänger bewegt sich rund um seinen Standort. Welcher ungefähre räumliche Abstand ist zwischen zwei Schwundlöchern zu erwarten?
- 4.5 (5%) Durch die Reflexion kommt es beim Empfänger zu Schwund. Wie groß ist der Frequenzabstand zwischen zwei Schwundlöchern?

5 Mobilfunksystem (20%)

Über ein Mobilfunksystem sind folgende Parameter bekannt: Betriebsfrequenz 1,8 GHz, Bandbreite 400 kHz, Zusatzrauschen des Empfängers 5 dB, minimal erforderliches SNR am Demodulator des Empfängers 13 dB, Gewinn der Empfangsantenne -9 dBi. Die Sendeantenne ist eine typische Sektorantenne mit 1,7 m Höhe, 40 cm Breite und hat einen Gewinn von 10 dBi.

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

5.1 (5%) In welcher Entfernung beginnt das Fernfeld dieser Sendeantenne?

5.2 (10%) Ermitteln Sie die maximal erlaubte Ausbreitungsdämpfung und die entsprechende Entfernung für eine Sendeleistung von 20 dBm! Geben Sie alle auftretenden Größen in logarithmischen Maßen (dB, dBm,...) an.

5.3 (5%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (Handskizze, muss nicht maßstäblich korrekt sein) und beschriften Sie alle Pegel und Pegeländerungen!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 19. 10. 2009

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 zusätzlich eigenes 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%) Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!

1.2 (2%) Wie groß ist die Wellenlänge einer sich im Vakuum ausbreitenden HEW mit $f = 1 \text{ GHz}$?

1.3 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?

1.4 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!

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

1.6 (2%) Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?

1.7 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Blindleistungsflussdichte?

1.8 (2%) Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!

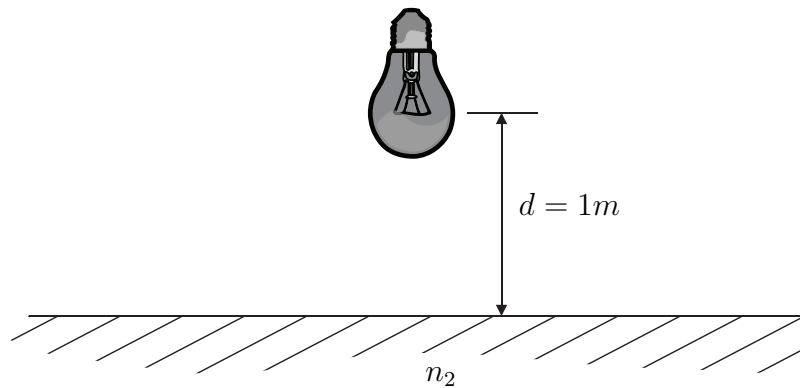
1.9 (2%) Welche Ausbreitungsphänomene werden durch eine Rayleigh- bzw. durch eine Rice-Verteilung beschrieben?

1.10 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?

2 Lichtquelle über Aquarium (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Eine 60 W Glühlampe befindet sich in einer Höhe von 1 m über der Wasseroberfläche eines Aquariums. Nehmen Sie im folgenden an, dass die gesamte elektrische Leistung in Licht umgewandelt wird, und dass das Licht einer Glühlampe unpolarisiert ist. Das Wasser habe einen Brechungsindex $n_2 = 1,33$.



- 2.1 (8%) Wie groß ist der Betrag des Poyntingvektors direkt oberhalb der Wasseroberfläche, senkrecht unter der Lampe?
- 2.2 (8%) Wie groß ist der Betrag des Poyntingvektors direkt unterhalb der Wasseroberfläche, senkrecht unter der Lampe?
- 2.3 (4%) Erklären Sie den Zusammenhang zwischen den beiden Werten!

3 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

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

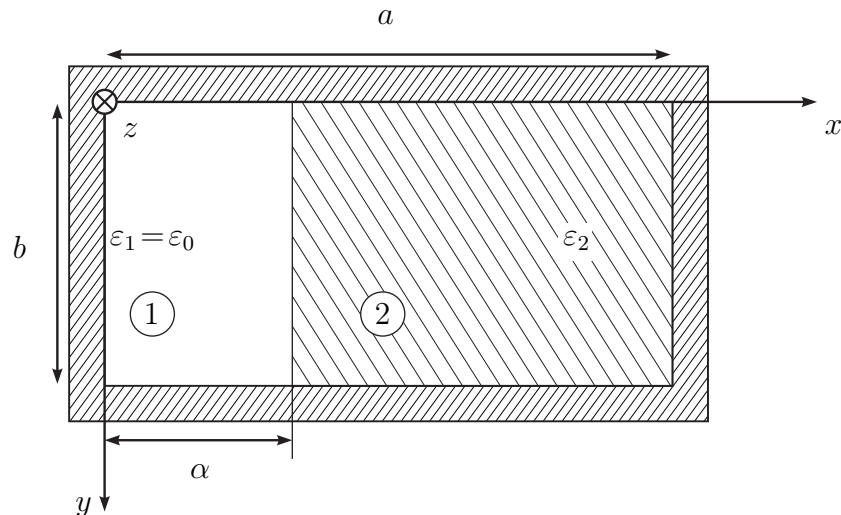
3.1 (7%) Skizzieren (und beschriften) Sie das Richtdiagramm in horizontaler und vertikaler Ebene!

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 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (20%)

Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz. $\mu = \mu_0$



- 4.1 (6%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 4.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 4.3 (6%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung!
- 4.4 (4%) Skizzieren Sie das Feldbild längs und quer zur Ausbreitungsrichtung eines Rechteckhohlleiters ohne zusätzlichen Kunststoffeinsatz im TE_{11} Modus!

5 Richtfunkstrecke (20%)

Für eine Richtfunkstrecke bei 25 GHz steht ein Sender mit einer Sendeleistung von $P = 17$ dBm zur Verfügung. Daran angeschlossen ist eine optimal ausgerichtete Antenne mit einem Gewinn $G_s = 19,5$ dBi. In einer Entfernung $d = 1,5$ km steht der Empfänger mit einer Antenne mit dem Gewinn $G_e = 15$ dBi.

5.1 (5%) In welcher Höhe muss die Richtfunkverbindung mindestens montiert werden, wenn sich in der Mitte der Strecke Sender-Empfänger ein Haus mit 20 m Höhe befindet?

5.2 (6%) Berechnen Sie die empfangene Leistung (in dBm)!

5.3 (9%) Bei Bauarbeiten wird die Sendeantenne versehentlich um einen Winkel $\Delta\varphi = 15^\circ$ verdreht. Um welchen Wert in (dB) ändert sich das SNR am Empfänger? Die Richtcharakteristik der Antenne lautet:

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \sin^{18}(\vartheta) \sin^{18}(\varphi) & \text{für } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 14. 12. 2009

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%) Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!
- 1.2 (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.
- 1.3 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Logarithmisch-Periodische-Antenne?
- 1.4 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?
- 1.5 (2%) Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?

1.6 (2%) Wie groß ist die Wellenzahl einer HEW im Vakuum bei $f = 500 \text{ MHz}$?

1.7 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!

1.8 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?

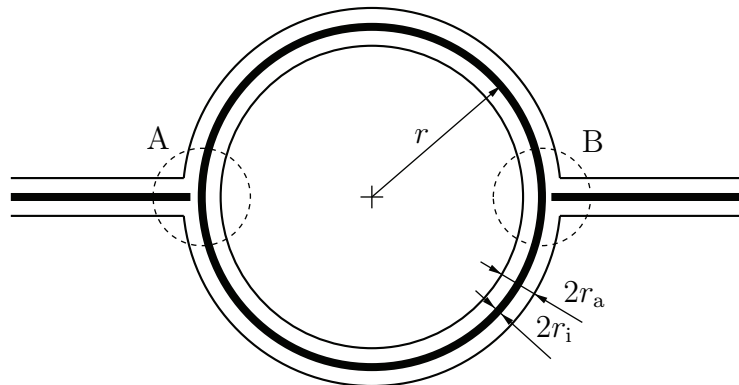
1.9 (2%) Was ist ein Weibull-Plot und wie sieht darin eine Rayleigh-Verteilung aus?

1.10 (2%) Wie lautet der Separationsansatz für die Wellenfunktion $\Psi(x, y, z)$?

2 Dimensionierung eines Resonators (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Ein Stück Koaxialkabel mit $Z_L = 50 \Omega$ wird zu einem Ring-Resonator mit mittlerem Radius $r = 4 \text{ cm}$ verbunden. An einer Stelle A wird Leistung eingekoppelt, gegenüber, an der Stelle B, wird Leistung entnommen. Die genaue Anbindung der Zu- und Ableitung, sowie die konkrete Leistung sind zu vernachlässigen. Das Koaxialkabel hat einen Außenradius $r_a = 1,8 \text{ mm}$ und einen Innenradius r_i . Das Dielektrikum hat $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ und $\mu = \mu_0$.

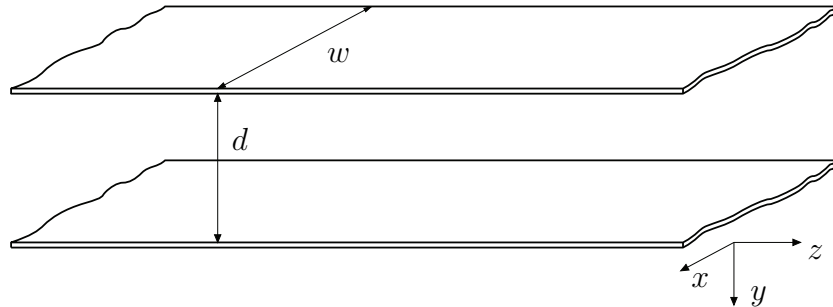


2.1 (10%) Dimensionieren Sie die fehlenden Parameter der Koaxialleitung ε_r und r_i so, dass der Resonator für $f_{\text{Res}} = 1 \text{ GHz}$ resonant ist.

2.2 (10%) Vor dem Verbinden des Kabels zu einem Ring wurde eine Dämpfung von $a_G = 0,15 \text{ dB}$ gemessen. Ohmsche Verluste a_R sind zu vernachlässigen. Berechnen Sie die Güte Q des Resonators aufgrund der dielektrischen Verluste α_G .

3 Parallelplattenleitung (20%)

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



3.1 (10%) 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 (10%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand η , den Feldwellenwiderstand $Z_{W,n}$ und die Grenzfrequenz $f_{G,n}$ aller gefragten Moden!

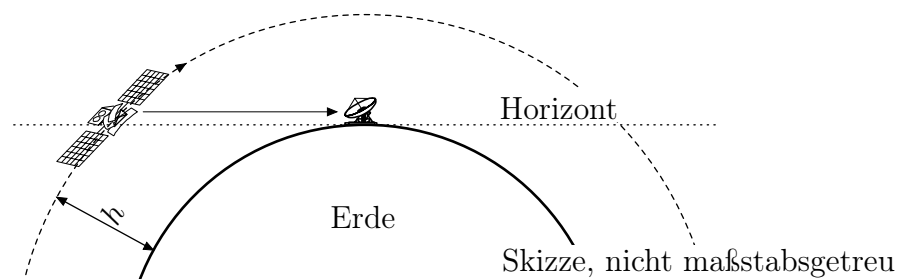
4 Satellitenfunk (20%)

Der Satellit MOST fliegt in einer erdnahen Umlaufbahn in $h = 820$ km Höhe um die Erde (Erdradius $r = 6370$ km). Er sendet bei $f = 2232$ MHz mit einer Sendeleistung von $P_s = 0,5$ W bei einer Bandbreite von $\Delta f = 78$ kHz und seine Antenne hat einen Gewinn von 0 dBi. Zwischen Sender und Antenne befinden sich Kabel mit 2 dB Verlusten.

Die Bodenstation in Wien verwendet einen Parabolspiegel mit einem Gewinn von 35 dBi der dem Satelliten bei seinem Überflug folgt und der Empfänger hat eine Rauschtemperatur von 115 °K.

Nehmen Sie zusätzliche Dämpfungen von 0,8 dB durch die Atmosphäre, 3 dB aufgrund von Polarisationsverlusten sowie 1,2 dB aufgrund mechanischer Toleranzen bei der Ausrichtung der Antenne an.

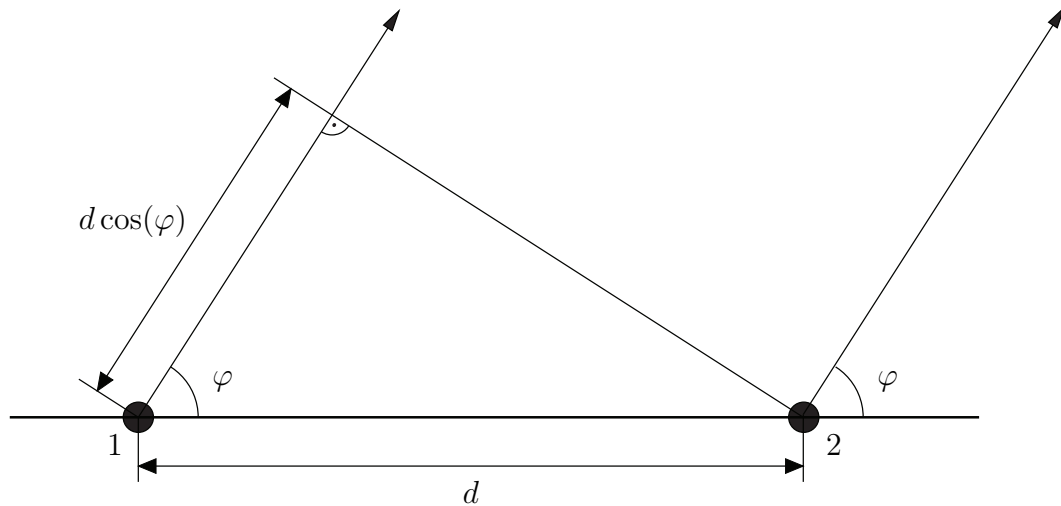
Hinweis: Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ Ws/°K



- 4.1 (10%) Berechnen Sie das SNR (in dB) für den Fall, dass sich der Satellit genau am Horizont befindet.
- 4.2 (5%) Berechnen Sie das SNR für den Fall, dass sich der Satellit genau über Wien befindet.
- 4.3 (5%) Um wieviel dB verbessert sich das SNR wenn sich der Satellit genau über Wien befindet?

5 Richtdiagramm einer Antennengruppe (20%)

Zwei baugleiche omnidirektionale Antenne im Abstand d , welche entkoppelt angenommen werden, erzeugen in einem sehr grossen Abstand r Feldstärken, welche dem Betrag nach identisch als E_0 angenommen werden können. Berechnen Sie das Richtdiagramm einer derartigen Anordnung in der Zeichenebene (x, y) !



Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 11. 1. 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 Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?

1.2 (2%) Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!

1.3 (2%) Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?

1.4 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!

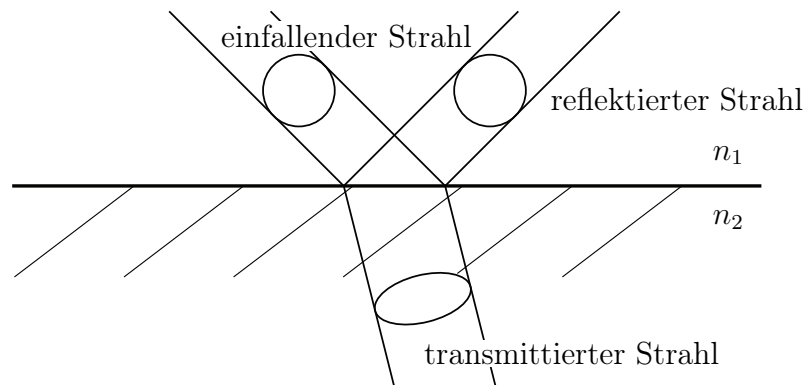
1.5 (2%) Was beschreibt der Imaginärteil der Wellzahl k_z bei einer sich in z -Richtung ausbreitenden Welle?

- 1.6 (2%) Wie groß ist die Wellenlänge einer sich im Vakuum ausbreitenden HEW mit $f = 1 \text{ GHz}$?
- 1.7 (2%) Wie hängen bei der Microstripleitung die Verluste von der Frequenz ab?
- 1.8 (2%) Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!
- 1.9 (2%) Nennen Sie fünf wichtige elektrische Eigenschaften von Antennen!
- 1.10 (2%) Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

2 Übergang von Vakuum nach Glas (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Eine zirkular polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 5 \text{ mm}^2$ und einer Leistung von $P = 5 \text{ mW}$ wird unter dem Brewster-Winkel auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,8$) eingestrahlt.



2.1 (5%) Berechnen Sie Einfallswinkel θ_e , Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!

2.2 (10%) Berechnen Sie die TE und TM-Anteile (E und H) der reflektierten und der transmittierten Welle!

2.3 (5%) Berechnen Sie die Elliptizität der reflektierten und der transmittierten Welle in dB!

3 Richtfunkstrecke (20%)

Für eine Richtfunkstrecke bei 12 GHz steht ein Sender mit einer Sendeleistung von $P = 20$ dBm zur Verfügung. Daran angeschlossen ist eine optimal ausgerichtete Antenne mit einem Gewinn $G_s = 35$ dBi. In einer Entfernung $d = 3,5$ km steht der Empfänger mit einer Antenne mit dem Gewinn $G_e = 25$ dBi.

3.1 (5%) In welcher Höhe muss die Richtfunkverbindung mindestens montiert werden, wenn sich in der Mitte der Strecke Sender-Empfänger ein Haus mit 30 m Höhe befindet?

3.2 (6%) Berechnen Sie die empfangene Leistung (in dBm)!

3.3 (9%) Bei Bauarbeiten wird die Sendeantenne versehentlich um einen Winkel $\Delta\varphi = 5^\circ$ verdreht. Um welchen Wert in (dB) ändert sich das SNR am Empfänger? Die Richtcharakteristik der Antenne lautet:

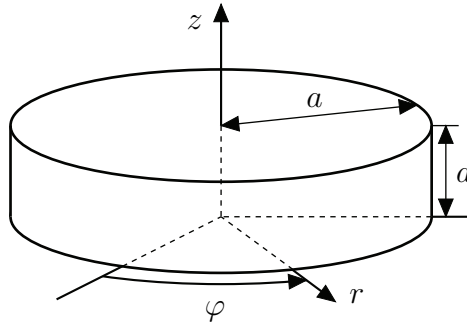
$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \sin^{30}(\vartheta) \sin^{30}(\varphi) & \text{für } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

4 Verluste im Resonator (20%)

Der abgebildete Resonator mit dem Radius a und der Höhe d wird im TM_{010} Modus betrieben. Er ist mit Luft gefüllt. Das Feldbild berechnet sich dabei zu

$$\begin{aligned} E_r &= 0 \\ E_\varphi &= 0 \\ E_z &= E_0 J_0(k_r r) \\ H_r &= 0 \\ H_\varphi &= \frac{j\omega\varepsilon}{k_r} E_0 J_1(k_r r) \\ H_z &= 0 \end{aligned}$$

Die Separationsbedingung lautet $k_r^2 + k_z^2 = \omega^2/c_0^2$. Beim konkreten Modus folgen aus den Randbedingungen $k_z = 0$ (entsprechend verschwindet oben E_r und es fehlen die $\cos(k_z z)$ Terme) und $k_r a = 2,4048$ (aus der ersten Nullstelle der Besselfunktion $J_0(k_r a) = 0$).



4.1 (2%) Berechnen Sie allgemein die Resonanzfrequenz des Resonators für den gefragten Modus.

4.2 (15%) Berechnen Sie allgemein die unbelastete Güte des Resonators für den gefragten Modus unter Berechnung der gespeicherten Energie und der Verluste im Metall.

Hinweis: $dF = r dr d\varphi$ und $dV = r dr d\varphi dz$

Hinweise zur Integration der Besselfunktionen:

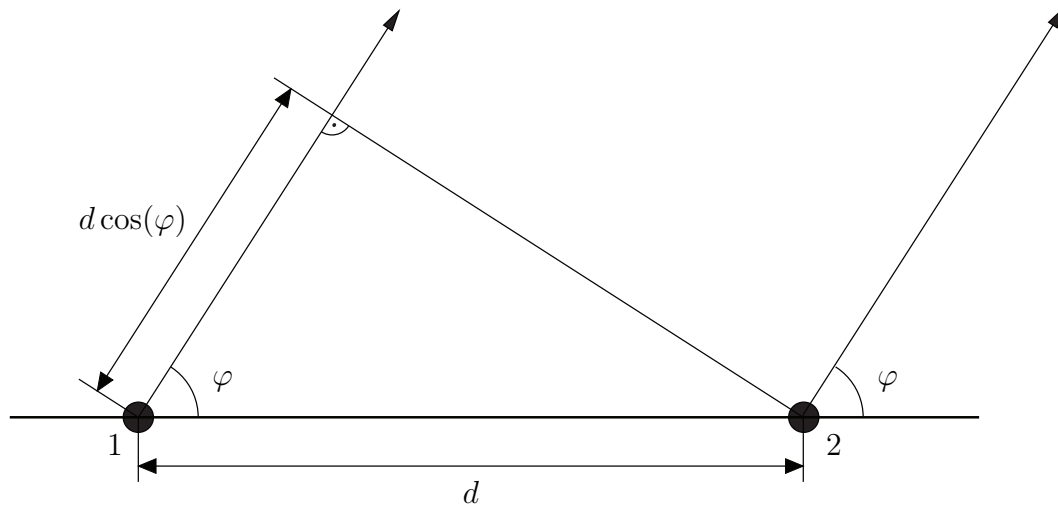
$$\int x J_0^2(\alpha x) dx = \frac{x^2}{2} [J_1^2(\alpha x) + J_0^2(\alpha x)] \text{ und}$$

$$\int x J_1^2(\alpha x) dx = \frac{x^2}{2} \left[J_0^2(\alpha x) - \frac{2}{\alpha x} J_0(\alpha x) J_1(\alpha x) + J_1^2(\alpha x) \right]$$

4.3 (3%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die unbelastete Güte des Resonators bei einer spezifischen Leitfähigkeit des Metalls von $\sigma = 5,7 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ für die Abmessungen $a = 42 \text{ mm}$ und $d = 5 \text{ mm}$.

5 Richtdiagramm einer Antennengruppe (20%)

Zwei baugleiche omnidirektionale Antenne im Abstand d , welche entkoppelt angenommen werden, erzeugen in einem sehr grossen Abstand r Feldstärken, welche dem Betrag nach identisch als E_0 angenommen werden können. Berechnen Sie die Richtcharakteristik einer derartigen Anordnung in der Zeichenebene (x, y) !



Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 15. 3. 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%)

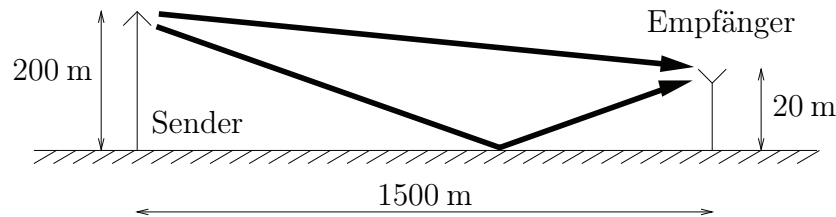
- 1.1 (2%) Was ist ein Weibull-Plot und wie sieht darin eine Rayleigh-Verteilung aus?
- 1.2 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!
- 1.3 (2%) Schreiben Sie die vier Maxwellschen Gleichungen für harmonische Vorgänge in komplexer Schreibweise an! Es sei Ladungsfreiheit angenommen. Verwenden Sie wenn möglich lediglich \vec{E} und \vec{H} .
- 1.4 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?
- 1.5 (2%) Was beschreibt der Imaginärteil der Wellzahl k_z bei einer sich in z -Richtung ausbreitenden Welle?

- 1.6 (2%) Geben Sie den Grundmodus der Parallelplattenleitung, des Rechteckhohlwellenleiters und des Koaxialkabels an!
- 1.7 (2%) Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?
- 1.8 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !
- 1.9 (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.
- 1.10 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?

2 Zwei-Wege Ausbreitung im Mobilfunk (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

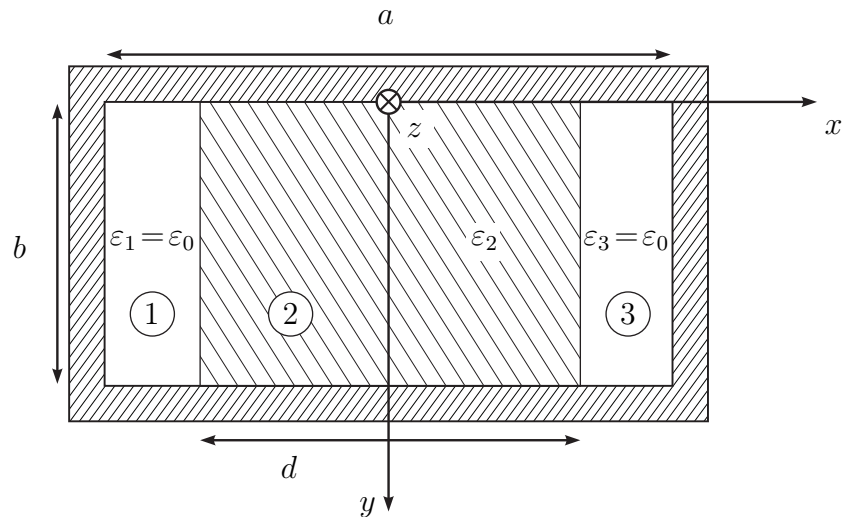
Gegeben ist die abgebildete Anordnung bestehend aus einem Sender mit Höhe h_S und einem Empfänger mit Höhe h_E in Entfernung d . Der Boden ist ideal leitfähig, sodass der Empfänger neben der direkten Welle eine gleich starke, reflektierte Welle empfängt. Die Mittenfrequenz des Senders beträgt 10 GHz.



- 2.1 (3%)** Wie groß ist der Laufzeitunterschied zwischen den beiden Ausbreitungspfaden?
- 2.2 (3%)** Überprüfen Sie, ob der Boden in die erste Fresnelzone hineinragt.
- 2.3 (4%)** Wie hoch ist die Ausbreitungsdämpfung des direkten Pfads (also ohne Berücksichtigung der Reflexion) in dB?
- 2.4 (5%)** Der Empfänger bewegt sich rund um seinen Standort. Welcher ungefähre räumliche Abstand ist zwischen zwei Schwundlöchern zu erwarten?
- 2.5 (5%)** Durch die Reflexion kommt es beim Empfänger zu Schwund. Wie groß ist der Frequenzabstand zwischen zwei Schwundlöchern?

3 Rechteckhohlleiter mit Kunststoffeinsatz (20%)

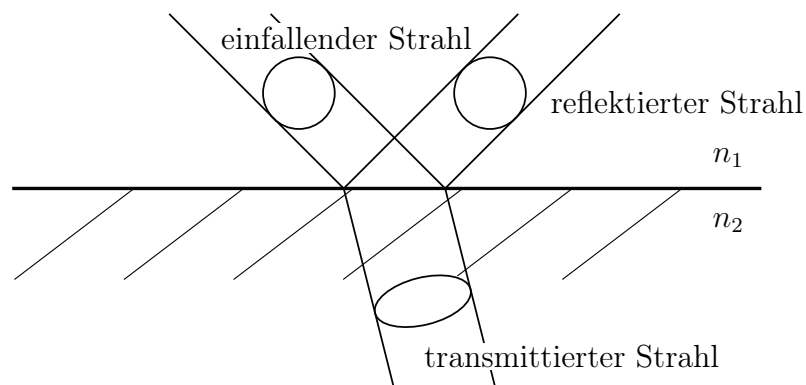
Untersuchen Sie die Ausbreitungseigenschaften des Grundmodus, dessen Feldverteilung der TE_{10} Welle im leeren Hohlleiter ähnlich ist, im unten abgebildeten Hohlleiter mit Kunststoffeinsatz. $\mu = \mu_0$.



- 3.1 (8%) Finden Sie einen geeigneten Ansatz für die Komponenten $E_{z,i}$ und $H_{z,i}$, mit $i = 1, 2, 3$ für Raum i , der die Wellengleichung erfüllt!
- 3.2 (4%) Leiten Sie daraus die restlichen Feldkomponenten her!
- 3.3 (8%) Gewinnen Sie aus den Stetigkeitsbedingungen an den Grenzflächen die charakteristische Gleichung für die Ausbreitungskonstante in z -Richtung!

4 Übergang von Vakuum nach Glas (20%)

Eine elliptisch polarisierte Welle mit einem Querschnitt von $A = 5 \text{ mm}^2$, einer Elliptizität von 6 dB (TM Anteil stärker) und einer Gesamteistung von $P = 5 \text{ mW}$ wird unter einem Winkel von $\theta_e = 75^\circ$ auf eine Grenzfläche zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Glas ($n_2 = 1,6$) eingestrahlt.



4.1 (5%) Berechnen Sie Einfallswinkel θ_e , Reflexionswinkel θ_r und Austrittswinkel θ_t und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!

4.2 (12%) Berechnen Sie die TE und TM-Anteile (E und H) der einfallenden, der reflektierten und der transmittierten Welle!

4.3 (3%) Berechnen Sie die Elliptizität der reflektierten und der transmittierten Welle in dB!

5 Mobilfunksystem (20%)

Über ein Mobilfunksystem sind folgende Parameter bekannt: Betriebsfrequenz 1,9 GHz, Bandbreite 100 kHz, Zusatzrauschen des Empfängers 4 dB, minimal erforderliches SNR am Demodulator des Empfängers 14 dB, Gewinn der Empfangsantenne -10 dBi. Die Sendeantenne ist eine typische Sektorantenne mit 1 m Höhe, 20 cm Breite und hat einen Gewinn von 12 dBi.

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

5.1 (5%) In welcher Entfernung beginnt das Fernfeld dieser Sendeantenne?

5.2 (10%) Ermitteln Sie die maximal erlaubte Ausbreitungsdämpfung und die entsprechende Entfernung für eine Sendeleistung von 7 dBm! Geben Sie alle auftretenden Größen in logarithmischen Maßen (dB, dBm,...) an.

5.3 (5%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (Handskizze, muss nicht maßstäblich korrekt sein) und beschriften Sie alle Pegel und Pegeländerungen!

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.

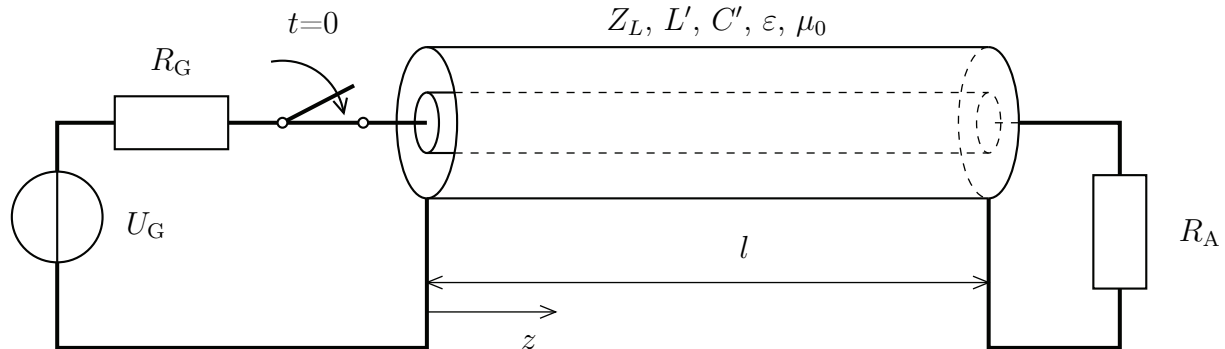
2.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

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

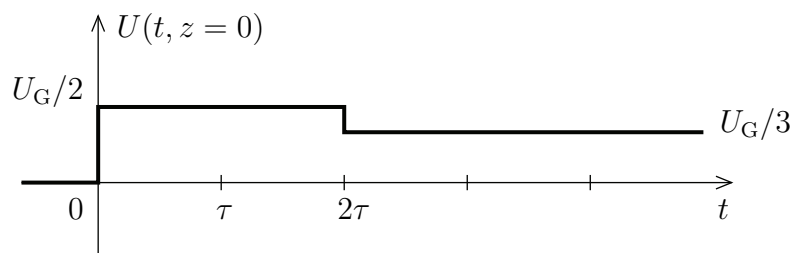
2.3 (5%) In welcher Entfernung kann der Retroreflektor noch erkannt werden, wenn die minimale Empfangsleistung -85 dBm beträgt?

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!

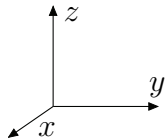
3.5 (6%) Berechnen Sie ε_r des Mediums und bestimmen Sie damit den Außenradius r_a des Koaxialkabels!

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.

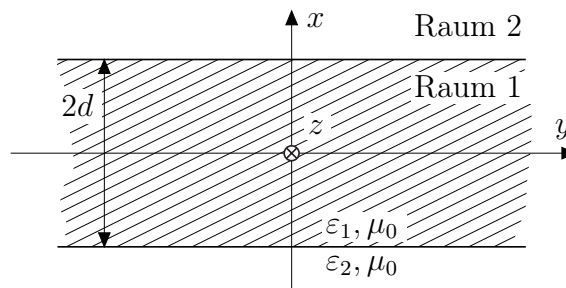


- 4.2 (8%)** Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!

- 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!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 28. 6. 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%) Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!

1.2 (2%) Was ist die Kontinuitätsgleichung? (Erklären Sie die auftretenden Größen und geben Sie ihre Einheiten an!)

1.3 (2%) Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?

1.4 (2%) Schreiben Sie zwei Definitionen des Antennengewinns an! Erklären Sie die verwendeten Größen und geben Sie ihre Einheiten an!

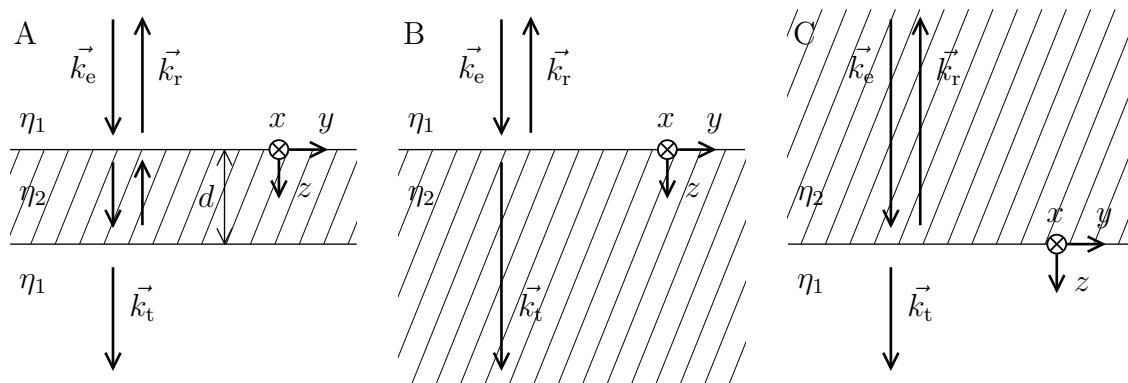
1.5 (2%) Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!

- 1.6 (2%) Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x, y, z abhängige Wellenfunktion aus?
- 1.7 (2%) Wie groß ist die Wellenlänge einer sich im Vakuum ausbreitenden HEW mit $f = 1 \text{ GHz}$?
- 1.8 (2%) Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?
- 1.9 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!
- 1.10 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?

2 Dielektrischer Spiegel (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

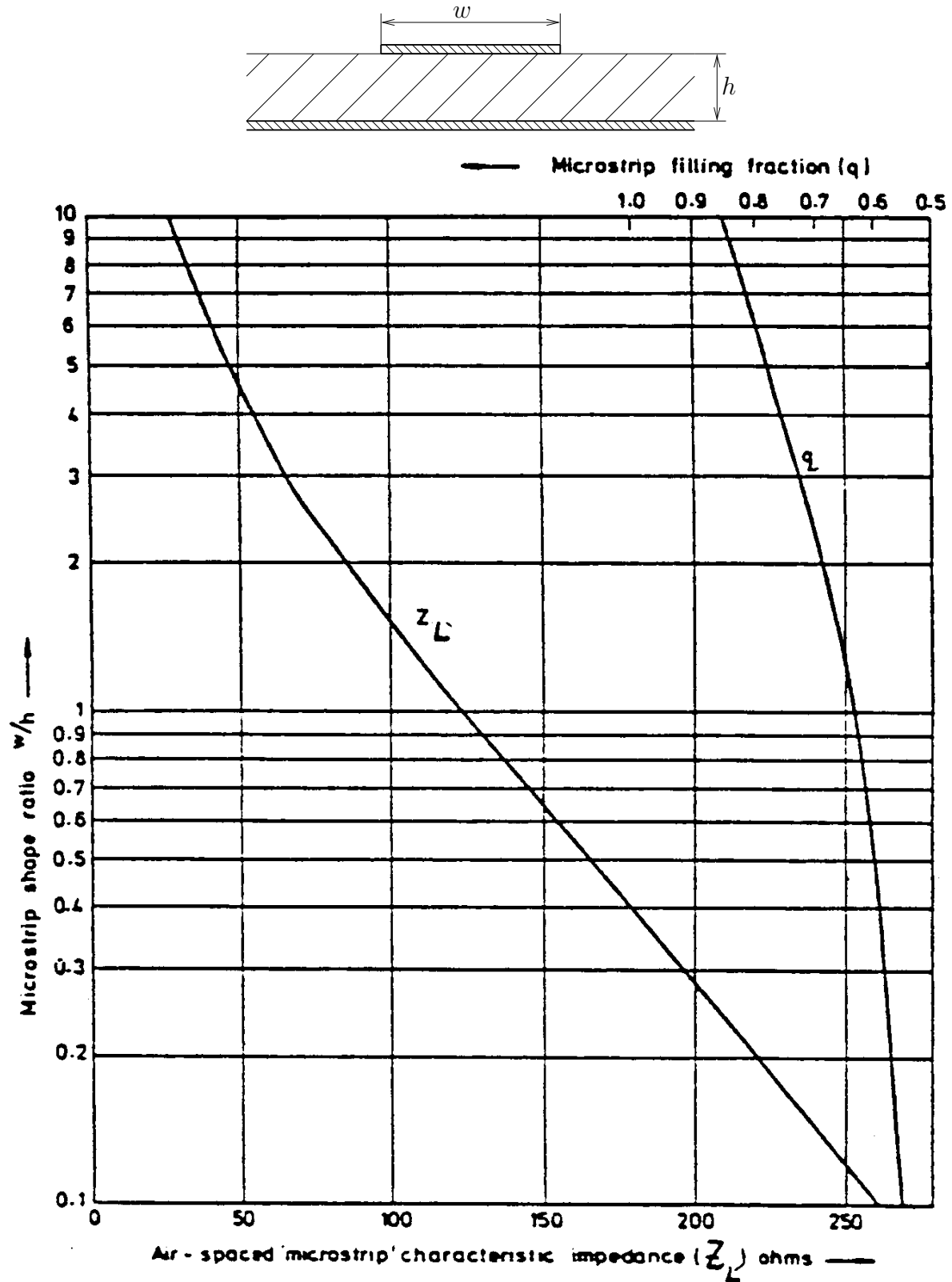
Eine zirkular polarisierte Welle mit der elektrischen Feldstärke E_0 fällt senkrecht, wie in Abbildung A sichtbar, auf eine dielektrische Platte mit Mediumswiderstand η_2 und der Dicke d . Der Ausbreitungsvektor der einfallenden Welle ist \vec{k}_e . Ein Teil wird reflektiert, ein Teil in die Platte transmittiert (siehe Abbildung B). An der zweiten Grenzschicht der Platte findet ebenso Reflexion und Transmission statt. Es gilt $\mu = \mu_0$.



- 2.1 (6%) Treffen Sie einen geeigneten Ansatz für die einfallende, die reflektierte und die transmittierte Wellen aus Abbildung B. Verwenden Sie komplexe Vektornotation für $\vec{E}_e, \vec{H}_e, \vec{E}_r, \vec{H}_r, \vec{E}_t, \vec{H}_t$ und verwenden Sie so wenig Unbekannte wie möglich.
- 2.2 (4%) Berechnen Sie den Reflexionsfaktor Γ_1 und den Transmissionsfaktor T_1 für Abbildung B.
- 2.3 (2%) Berechnen Sie den Reflexionsfaktor Γ_2 und den Transmissionsfaktor T_2 für das Szenario aus Abbildung C.
- 2.4 (4%) Berechnen Sie damit den Gesamt-Reflexionsfaktor Γ_g für das Szenario aus Abbildung A. Vernachlässigen Sie Mehrfachreflexionen.
- 2.5 (4%) Bei welcher Dicke d der Platte wird $|E_r|$ aus Abbildung A minimal.

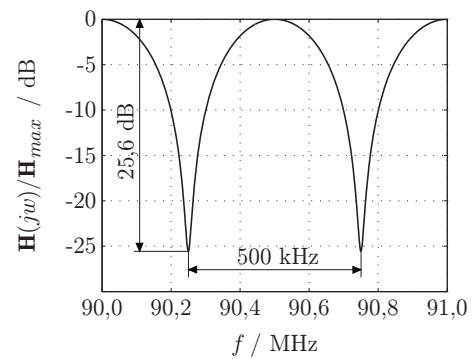
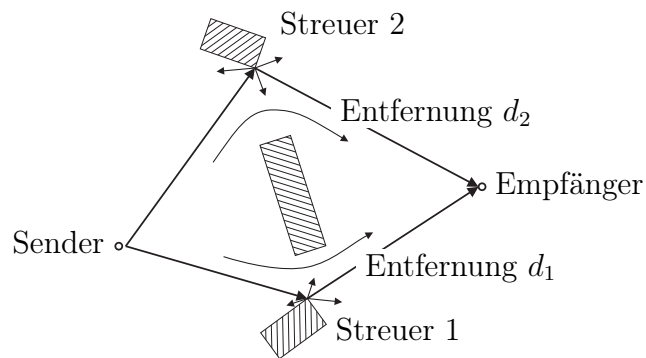
3 Mikrostreifenleitung (20%)

Dimensionieren Sie eine $60\ \Omega$ Mikrostreifenleitung bei 7 GHz mit Hilfe des abgebildeten Nomogramms. Als Trägermaterial ist ein Al_2O_3 -Keramiksубstrat ($\epsilon_r = 9$) vorgesehen. Die Höhe des Trägermaterials ist $h = 0,8\text{ mm}$. Erklären Sie jeden Schritt Ihrer Vorgangsweise!



4 Kanalmessung (20%)

Bei einer Kanalmessung des skizzierten NLOS (Non-Line-Of-Sight) Szenarios sendet der Sender mit einer konstanten frequenzunabhängigen Amplitude A . Es wird die angegebene normierte Übertragungsfunktion ermittelt. Die Entfernung d_1 beträgt 2,2 km.



4.1 (9%) Wie groß ist die Entfernung d_2 ?

4.2 (11%) Um welchen Faktor (in dB) unterscheiden sich die empfangenen Leistungen aus Richtung Streuer 1 und Streuer 2?

5 Richtfunkstrecke (20%)

Für eine Richtfunkstrecke bei 10 GHz steht ein Sender mit einer Sendeleistung von $P = 23$ dBm zur Verfügung. Daran angeschlossen ist eine optimal ausgerichtete Antenne mit einem Gewinn $G_s = 30$ dBi. In einer Entfernung $d = 4,5$ km steht der Empfänger mit einer Antenne mit dem Gewinn $G_e = 20$ dBi.

5.1 (5%) In welcher Höhe muss die Richtfunkverbindung mindestens montiert werden, wenn sich in der Mitte der Strecke Sender-Empfänger ein Haus mit 20 m Höhe befindet?

5.2 (6%) Berechnen Sie die empfangene Leistung (in dBm)!

5.3 (9%) Bei Bauarbeiten wird die Sendeantenne versehentlich um einen Winkel $\Delta\varphi = 7^\circ$ verdreht. Um welchen Wert in (dB) ändert sich das SNR am Empfänger? Die Richtcharakteristik der Antenne lautet:

$$f(\vartheta, \varphi) = \begin{cases} \sin^{25}(\vartheta) \sin^{25}(\varphi) & \text{für } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 25. 10. 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

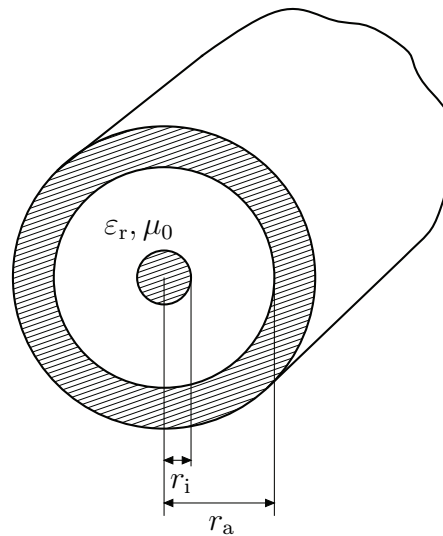
1 Theoriefragen (20%)

- 1.1 (2%) Geben Sie zwei praxisgerechte Verfahren für die Bestimmung des Antennengewinnes an (Skizze). Welche Länge muss das für die Messung verwendete Funkfeld haben?
- 1.2 (2%) Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?
- 1.3 (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} .
- 1.4 (2%) Wie lautet der Satz von Poynting (Erhaltung der elektromagnetischen Energie)?
- 1.5 (2%) Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!

- 1.6 (2%) Nennen Sie je zwei Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!
- 1.7 (2%) Was ist die Kontinuitätsgleichung? (Erklären Sie die auftretenden Größen und geben Sie ihre Einheiten an!)
- 1.8 (2%) Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?
- 1.9 (2%) Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!
- 1.10 (2%) Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?

2 Koaxialkabel (20%)

Name/Mat. Nr.: _____



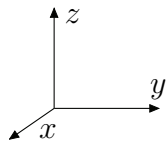
- 2.1** (7%) Bestimmen Sie einen geeigneten Innenradius r_i des abgebildeten Koaxialkabels für $Z_L = 50 \, \Omega$. Der Außenradius sei $r_a = 10,5 \, \text{mm}$, das verwendete Dielektrikum habe $\epsilon_r = 1,6$.
- 2.2** (7%) Berechnen Sie die ohmschen Verluste α_R des Kabels für eine Leitfähigkeit des Innen- bzw. Außenleiters von $\sigma = 57 \cdot 10^6 \, \text{S/m}$ bei $10 \, \text{GHz}$ in dB/m .
- 2.3** (6%) Berechnen Sie die dielektrischen Verluste α_G des Kabels in dB/m für ein Dielektrikum mit $\tan \delta = 0,004$.

3 Richtdiagramm und Gewinn einer Antenne (20%)

Eine verlustlose Antenne habe die Richtcharakteristik

$$f(\vartheta, \varphi) = |\sin(\vartheta) \cos(\varphi) \cos(\varphi/2)|$$

- 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.



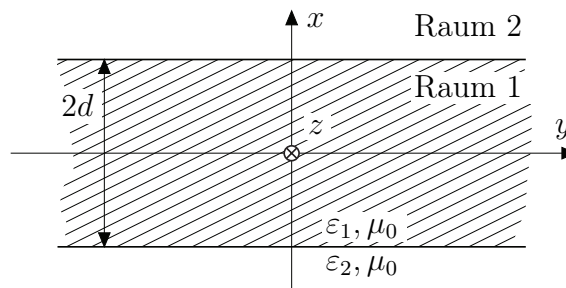
- 3.2 (8%)** Berechnen Sie den äquivalenten Raumwinkel und die Direktivität!

Hinweis: $\int \sin^3(ax) \, dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + \frac{1}{3a} \cos^3(ax)$ und
 $\int (\cos(x) \cos(ax))^2 \, dx = \frac{\sin(2(a+1)x)}{16(a+1)} + \frac{\sin(2(a-1)x)}{16(a-1)} + \frac{\sin(2ax)}{8a} + \frac{\sin(2x)}{8} + \frac{x}{4}$

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

4 Dielektrische Platte (20%)

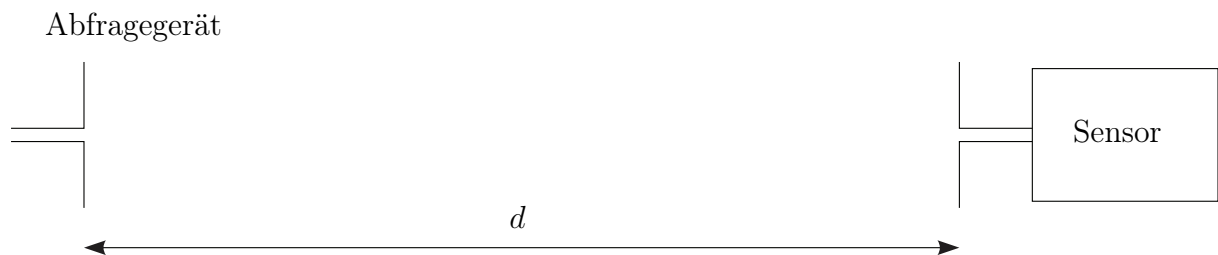
Berechnen Sie die Ausbreitungseigenschaften der TE_{10} -ähnlichen Grundwelle (siehe Rechteckhohlleiter), die von einer in y - und z -Richtung unbegrenzten und in x -Richtung $2d$ dicken dielektrischen Platte (Raum 1) geführt wird (Raum 2 ist Luft)!



- 4.1 (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 $x > -d$!
- 4.2 (4%) Bestimmen Sie die restlichen Feldkomponenten!
- 4.3 (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 !
- 4.4 (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!

5 Drahtloser Temperatursensor (20%)

Ein drahtloser Temperatursensor soll aus $d = 8\text{ m}$ Distanz per Funk (430 MHz, 200 mW Sendeleistung) ausgelesen werden. Vereinfachend wird angenommen, dass das Abfragegerät und der Sensor mit optimal ausgerichteten, verlustbehafteten ($w = 0,8$) Hertz'schen Dipolen ausgestattet sind. Es wird eine Welle zum Sensor geschickt, die vom Sensor zeitverzögert und um 25 dB geschwächt reflektiert wird. Das Abfragegerät schaltet während der Zeitverzögerung auf Empfang und registriert das Sensorsignal.



5.1 (4%) Gilt für diese Anordnung die Annahme, dass sich der Sensor in der Fernzone der Antenne des Abfragegerätes befindet? Nehmen Sie die wirksame Antennenfläche als kreisförmig an!

5.2 (4%) Berechnen Sie die vom Sensor empfangene Leistung!

5.3 (4%) Wie groß ist die Differenz zwischen der gesendeten Leistung und der am Abfragegerät empfangenen Leistung in dB (Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät)?

5.4 (8%) Zeichnen Sie einen Pegelplan (ohne Rauschen) der Strecke Abfragegerät – Sensor – Abfragegerät. Geben Sie alle Pegel bzw. Änderungen auf den Teilstrecken an (in dBm bzw. in dB)!

Schriftliche Prüfung aus Wellenausbreitung am 13. 12. 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%)

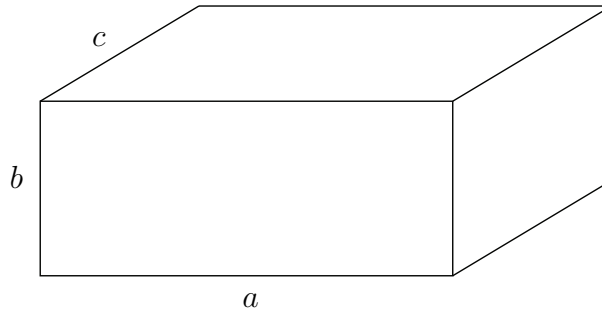
- 1.1 (2%) Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?
- 1.2 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?
- 1.3 (2%) Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!
- 1.4 (2%) Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!
- 1.5 (2%) Welcher grundsätzliche Zusammenhang (Proportionalität) besteht zwischen Empfangsleistung und Sendeleistung als Funktion der Distanz bei leitungsgeführter Strahlung und bei Freiraumausbreitung?

- 1.6 (2%) Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?
- 1.7 (2%) Ordnen Sie folgende Antennen nach (a) Länge, (b) Betrag der Eingangsimpedanz: $\lambda/2$ -Dipol, λ -Dipol, Herz'scher Dipol
- 1.8 (2%) Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit τ_D angegeben und wie gross ist diese näherungsweise bei Kupfer?
- 1.9 (2%) Wie groß ist die Wellenzahl einer HEW im Vakuum bei $f = 500 \text{ MHz}$?
- 1.10 (2%) Welches Anwendungsgebiet hat eine Logarithmisch-Periodische-Antenne?

2 Hohlraumresonator (20%)

Name/Mat. Nr.: _____

Berechnen Sie den Grundmodus TE_{101} eines luftgefüllten ($\varepsilon_r = 1$) Hohlraumresonators (Abmessungen: $a = 5 \text{ cm}$, $b = 1,5 \text{ cm}$, $c = 5 \text{ cm}$) mit $\mathbb{R}_M = 20 \text{ m}\Omega$.



2.1 (5%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz!

2.2 (5%) Berechnen Sie die unbelastete Güte! Vereinfachen Sie zuerst die Formel unter der Berücksichtigung $a = c$! Setzen Sie dann Zahlenwerte ein!

2.3 (3%) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die unbelastete Güte, wenn der Hohlraumresonator mit einem verlustlosen Dielektrikum $\varepsilon_r = 2,5$ gefüllt ist!

2.4 (4%) Adaptieren Sie die Abmessungen des Resonators, um trotz Verwendung des Dielektrikums wieder die ursprüngliche Resonanzfrequenz zu erhalten. Ändern Sie dabei nur jene Abmessungen, die einen Einfluss auf die Resonanzfrequenz haben!

2.5 (3%) Welche unbelastete Güte ergibt sich für diesen verkleinerten Resonator?

3 Radar (20%)

Ein Radargerät auf einem Schiff arbeite mit einer Betriebsfrequenz von 58 GHz und einem Antennengewinn von 33 dBi. In einer Entfernung von 15 km wird ein idealer, kreisförmiger Retroreflektor mit einem Durchmesser von 80 cm geortet.

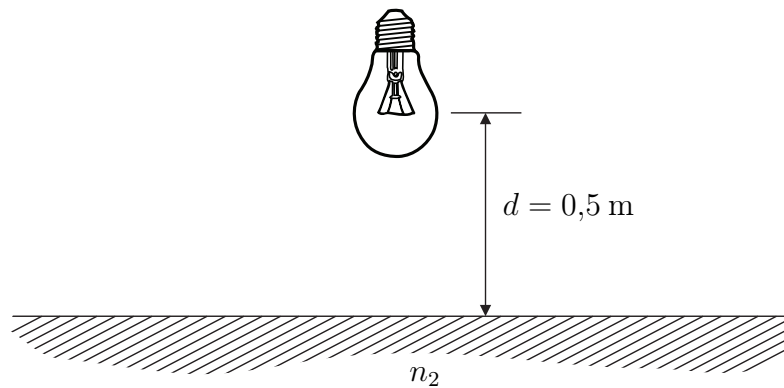
3.1 (6%) Wie gross ist der Streuquerschnitt σ des Retroreflektors?

3.2 (9%) Welche Leistung (in dBm) hat das empfangene Echo, wenn die Sendeleistung 2000 W beträgt?

3.3 (5%) In welcher Entfernung kann der Retroreflektor noch erkannt werden, wenn die minimale Empfangsleistung -90 dBm beträgt?

4 Lichtquelle über Aquarium (20%)

Eine 8 W Glühlampe befindet sich in einer Höhe von 0,5 m über der Wasseroberfläche eines Aquariums. Nehmen Sie im folgenden an, dass die gesamte elektrische Leistung in Licht umgewandelt wird, isotrop ausgestrahlt wird, und dass das Licht einer Glühlampe unpolarisiert ist. Das Wasser habe einen Brechungsindex $n_2 = 1,33$.

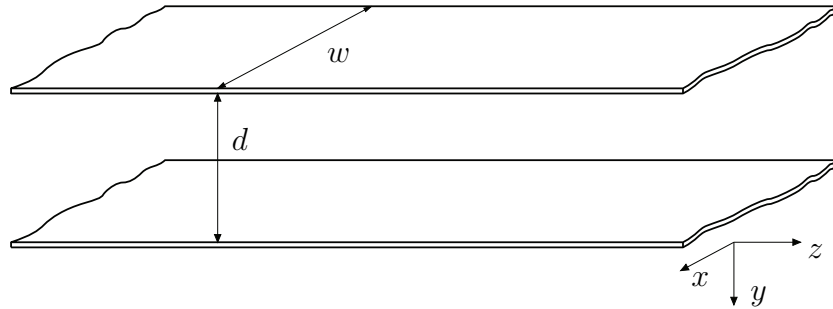


- 4.1 (8%) Wie groß ist der Betrag des Poyntingvektors direkt oberhalb der Wasseroberfläche, senkrecht unter der Lampe?
- 4.2 (8%) Wie groß ist der Betrag des Poyntingvektors direkt unterhalb der Wasseroberfläche, senkrecht unter der Lampe?
- 4.3 (4%) Erklären Sie den Zusammenhang zwischen den beiden Werten!

5 Dämpfungsbelag der Parallelplattenleitung (20%)

Es soll die Ausbreitungsfähigkeit des TEM Modus in z -Richtung auf dem abgebildeten Parallelplattenleiter (mit $\varepsilon_r = 2,7$) untersucht werden.

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



- 5.1 (4%) Berechnen Sie die Komponenten der gefragten Moden, finden Sie einen Ansatz der die Wellengleichung erfüllt, ermitteln Sie die Separationsbedingungen und passen Sie an den Rand an! Verwenden Sie dabei die Näherung $w \gg d$. Welche Komponenten verschwinden?
- 5.2 (5%) Berechnen Sie den Mediumswiderstand, den Leitungswellenwiderstand und die Grenzfrequenz des gefragten Modus für $w = 12 \text{ mm}$, $d = 1 \text{ mm}$! Geben Sie alle zur Berechnung notwendigen Schritte an!
- 5.3 (8%) Berechnen Sie mittels der Power Loss Method den Dämpfungskoeffizienten für den gefragten Modus in dB/m. Das Metall sei durch $\sigma_{\text{Cu}} = 57 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ charakterisiert, die Frequenz sei 2,45 GHz. Geben Sie alle zur Berechnung notwendigen Schritte an!
- 5.4 (3%) Zeichnen Sie die tatsächlichen Feldbilder ohne Verwendung der Näherung $w \gg d$ in zwei Ansichten! Welche Wellentypen sind prinzipiell auf dieser Leitung ausbreitungsfähig?