

Wellenausbreitung

Markus Mad

9. Juni 2013

1 Theoriefragen

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

Leitung: $\frac{P_e}{P_s} \propto e^{-\alpha r}$

Freiraum: $\frac{P_e}{P_s} \propto \frac{1}{r^2}$

Für die Freiraumausbreitung nimmt der Verlust mit Verdopplung der Entfernung nur um 6dB zu, wohingegen sich bei Leitungen der in dB gemessene Dämpfungswert verdoppelt.

2. Wie hängt die in Dezibel ausgedrückte Dämpfung eines Wellenleiters mit seiner Länge zusammen? Welche Dämpfung hat ein unter optimalen Bedingungen eingesetztes 100 km langes Stück Glasfaserleitung?

Die doppelte Länge bedeutet die doppelte Dämpfung in dB gemessen

$$0,2\text{dB} \cdot 100\text{km} = 200\text{deg}$$

Wobei angenommen wird das die typische Dämpfung eines Glasfaserwellenleiters bei 0,2 dB liegt.

3. Nennen Sie je zwei Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen!

Vorteile

- Kommunikation in entlegenen Gebieten möglich
- Kommunikation mit bewegten Teilnehmern möglich (Mobilfunk)
- Kommunikation mit Schiffen, Flugzeugen, Satelliten, etc. möglich
- Verbindung zu vielen Teilnehmern gleichzeitig möglich
- Geringere Dämpfung bei großen Entfernungen
- Geringere Kosten (Leitungen und Trassen entfallen)

Nachteile

- Geringe Abhörsicherheit
- Große Dämpfung bei kleinen und mittleren Entfernungen
- Größere Störanfälligkeit
- Nur geringe Leistungen übertragbar, daher muss die entfernte Station in der Regel extra versorgt werden

4. Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!

Siehe Frage 3.

5. Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!

$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \cdot \vec{D} &= \vec{\rho} \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial}{\partial t} \vec{B} \\ \vec{\nabla} \times \vec{H} &= \vec{S} + \frac{\partial}{\partial t} \vec{D}\end{aligned}$$

6. Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen für harmonische Vorgänge in komplexer Schreibweise an! Es sei Ladungsfreiheit angenommen. Verwenden Sie wenn möglich lediglich \vec{E} und \vec{H} .

$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= 0 \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{H} &= 0 \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -j\omega\mu\vec{H} \\ \vec{\nabla} \times \vec{H} &= j\omega\delta\vec{E}\end{aligned}$$

7. Aus welchen Komponenten setzt sich die Gesamtstromdichte in einem Quasidielektrikum zusammen?

Konduktions- (Leitungs-) und Konvektionsstromdichte

$$\begin{aligned}\vec{S} &= \sigma\vec{E} \dots \text{Leitungsstromdichte (lokales Ohmsches Gesetz)} \\ \vec{S} &= \rho\vec{v} \dots \text{Konvektionsstromdichte} \\ \vec{S} &+ \frac{\partial}{\partial t}\vec{D} \dots \text{Gesamtstromdichte}\end{aligned}$$

8. Wie lautet die Kraftgleichung für ein Elektron, auf welches sowohl eine elektrostatische als auch eine Lorentz-Kraft einwirkt?

$$\vec{F} = q \left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} \right)$$

9. Was bedeutet der Begriff „effektive Ladungsfreiheit“? Durch welche Formel wird die dielektrische Relaxationszeit τ_D angegeben und wie groß ist diese näherungsweise bei Kupfer?

Zeitliches Abklingen von freien Ladungen. Die dielektrische Relaxationszeit für Kupfer ist:

$$\tau_D = \frac{\varepsilon}{\sigma}; \quad \tau_{D[Cu]} = \frac{8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}}{5,7 \cdot 10^7 \frac{S}{m}} \approx 10^{-19} s$$

Effektive Ladungsfreiheit gilt unter der Voraussetzung, dass große Zeiten gegenüber τ_D betrachtet werden:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0$$

10. Was ist die Kontinuitätsgleichung? (Erklären Sie die auftretenden Größen und geben Sie ihre Einheiten an!)

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{S} + \frac{\partial}{\partial t}\rho = 0$$

Die räumliche Änderung des Konduktionsstrom muss gleich der negativen zeitlichen Änderung (Abnahmerate) der Ladung sein.

$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \dots \text{Ortsableitung} &\left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \right) \\ \vec{S} \dots \text{Stromdichte} &[A/m^2] \\ \vec{\rho} \dots \text{elektrische Raumladungsdichte} &[As/m^3]\end{aligned}$$

11. Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man aus \vec{T} die Wirkleistungsflussdichte?

$$\begin{aligned}\vec{P}(t) &= \vec{E}(t) \times \vec{H}(t) \\ \vec{T} &= \frac{1}{2} \left(\vec{E} \times \vec{H}^* \right) = \vec{T}_w + j\vec{T}_b\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vec{T}_w &= \text{Re} \left\{ \vec{T} \right\} \dots \text{Wirkleistungsflussdichte} \\ \vec{T}_b &= \text{Im} \left\{ \vec{T} \right\} \dots \text{Blindleistungsflussdichte}\end{aligned}$$

12. Wie sind die Poyntingvektoren \vec{P} und \vec{T} definiert? Wie berechnet man daraus die Blindleistungsflussdichte?
Siehe Frage 11.

13. Wie lautet der Satz von Poynting (Erhaltung der elektromagnetischen Energie)?

Abnahme der elektromagnetischen Energie = Abstrahlung + Dissipation

$$-\frac{\partial}{\partial t} \int_V (w_e(t) + w_m(t)) dV = \oint_{\Sigma} \vec{P}(t) \cdot d\vec{F} + \int_V p_v(t) dV$$

14. Was beschreibt der Imaginärteil der Wellenzahl k_z bei einer sich in z-Richtung ausbreitenden Welle?

Beschreibt die Dämpfung (in Ausbreitungsrichtung) $jk_z = \gamma = \alpha + j\beta$

15. Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

Die Wellenzahl $k = \frac{\omega}{v} = \omega\sqrt{\mu\epsilon}$ beschreibt, wie die Wellenlänge $\lambda = \frac{2\pi}{k}$, die räumliche Periodizität einer Welle.

Die Kreisfrequenz ω beschreibt die zeitliche Periodizität der Welle.

Die Wellenzahl hängt vom Medium ab, die Frequenz nicht.

16. Wie groß ist die Wellenlänge einer sich im Vakuum ausbreitenden HEW mit $f = 1GHz$?

$$\lambda = \frac{c_0}{f} = \frac{2,998 \cdot 10^8}{1 \cdot 10^9} = 0,2998m$$

17. Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz der eindimensionalen homogenen Wellengleichung?

$$e_x(z, t) = \underbrace{c_1 f_1(z - vt)}_{e_x^+(z, t)} + \underbrace{c_2 f_2(z + vt)}_{e_x^-(z, t)}$$

18. Wie sieht der Separationsansatz für eine von den Koordinaten x,y,z abhängige Wellenfunktion aus?

Separationsansatz: heißt auch Trennungs- bzw. Produktansatz

$$\Psi(x, y, z) = X(x)Y(y)Z(z)$$

Separationsbedingung:

$$k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = k^2 = \omega^2 \mu \epsilon$$

Wenn die y- und die z- Koordinaten konstant gehalten und nur eine Veränderung in x-Richtung betrachtet wird, dann muss gelten $\frac{1}{X(x)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} X(x) = -k_x^2$

19. Beschreiben Sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!

- **Reflexion:** Reflexion an Grenzflächen für TE- und TM-Wellen unterschiedlich \Rightarrow Änderung der Polarisation (kann auch als Polarisationsfilter verwendet werden)
- **induzierte Ströme** in Antennen ändern Antenneneigenschaften und können als Sekundärstrahler wirken
- **Boden** kann als Sekundärstrahler wirken, wenn Antennen zu nah am Boden aufgestellt werden und dort Ströme induzieren.
- **Dämpfung** für vertikale und horizontale Polarisation unterschiedlich \Rightarrow Änderung der Polarisations-eigenschaften des Gesamtfeldes (z.B.: Wälder dämpfen vertikal polarisierte Felder stärker als horizontal polarisierte.)
- **Beugung:** In der unmittelbaren Nähe von beugenden Kanten sind polarisationsabhängige Beugungseffekte zu beobachten
- **Ionosphäre** erfolgt eine Drehung der Polarisationsrichtung aufgrund unterschiedlicher Ausbreitungsgeschwindigkeiten (vormagnetisiertes Plasma) Faradayeffekt

20. Was ist der Brewsterwinkel und unter welchen Bedingungen tritt er auf?

Ist der Einfallswinkel unter dem es keine Reflexion gibt. Die Gesamtleistung wird Transmittiert. Tritt nur bei TM-Wellen auf.

$$\tan(\theta_B) = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

21. Eine TM-Welle möge auf einer Grenzschicht zwischen Vakuum ($n_1 = 1$) und Fensterglas ($n_2 = 1,5$) auftreffen. Geben Sie den Brewsterwinkel im Vakuum und im Glas an!

$$\theta_B = \arctan\left(\sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}\right) = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = 56,3099^\circ$$

für den anderen Fall n_1 und n_2 vertauschen \Rightarrow der Winkel ändert sich

22. 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

$$d = 1/\alpha \approx \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$$

$$\begin{aligned}\omega & \dots \text{ Kreisfrequenz } [s^{-1}] \\ \mu & \dots \text{ Permeabilität } \left[\frac{Vs}{Am}\right] \\ \sigma & \dots \text{ spez. Leitfähigkeit } [S/m]\end{aligned}$$

Eindringtiefe ist jene Tiefe, bei der die Feldstärke auf den e^{-1} -fachen Wert abgesunken ist.

23. Wie schreibt man die komplexe Dielektrizitätskonstante δ zweckmäßig bei ohmschen Verlusten und bei Umpolarisierungsverlusten an?

$$\begin{aligned}\delta &= \varepsilon - j\frac{\sigma}{\omega} = \varepsilon(1 - js) \\ s &= \frac{1}{Q} = \tan\theta = \frac{\sigma}{\varepsilon\omega} \\ & \quad Q \dots \text{ Güte}\end{aligned}$$

gilt bei Materialien mit endlicher Leitfähigkeit σ

24. Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?

Unter allen ausbreitungsfähigen Wellen eines Wellenleiters gibt es stets einen Wellentyp mit der niedrigsten Grenzfrequenz (größten Grenzwellenlänge). Er heißt Grundwelle. Die Grundfrequenz ist von den geometrischen Abmessungen und der Dielektrizität bzw. Permeabilität bestimmt. (Parallelplattenleitung: TEM-Welle, Grenzfrequenz ist 0Hz)

Modus: Gesamter Wellenberg hat Platz in Leitung

25. Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?

Entartet: Unterschiedliches Felddbild bei gleichen Ausbreitungseigenschaften

Modus: Wellentyp und Wellengestalt

Jede Welle, bei welcher eine natürliche Zahl von halben Wellenlängen zwischen den Platten hineinpassen. Genau genommen gehören immer zwei Wellen dazu: \vec{E} in Einfallsebene und senkrecht dazu. Unterscheiden sich zwei Moden nicht in ihren Ausbreitungseigenschaften, sondern nur durch ihr Felddbild, spricht man von entarteten Wellentypen.

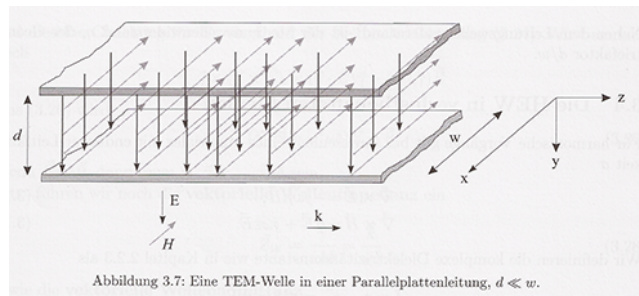
26. Geben Sie den Leitungswellenwiderstand Z_{PV} der Parallelplattenleitung an! Erklären Sie alle Größen und nennen Sie deren Einheiten!

$$Z_{PV} = \eta \frac{d}{w}; \quad \eta \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$$

$$\begin{aligned}d & \dots \text{ Abstand (Höhe) } [m] \\ w & \dots \text{ Weite } [m] \\ \eta & \dots \text{ Mediumswellenwiderstand } [\Omega]\end{aligned}$$

27. Skizzieren Sie, wie das elektrische und das magnetische Feld einer Parallelplattenleitung praktisch (d.h. ohne Idealisierungen) aussieht!

Siehe Abbildung 3.7



28. Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?

TE_{10} -Modus, auch als H_{10} -Modus bezeichnet.

$$\lambda_G = 2a \quad \lambda_H = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_G}\right)^2}}$$

29. Wie hängen in einem Rechteckhohlleiter die Phasengeschwindigkeit v_P und die Gruppengeschwindigkeit v_G von der Grenzwellenlänge ab?

$$v_P = \frac{c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_G}\right)^2}} \quad v_G = c \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_G}\right)^2}$$

30. Wie lautet die Formel für die Hohlleiterwellenlänge λ_H im Rechteckhohlleiter (die Grenzwellenlänge λ_G sei bekannt)?

$$\lambda_H = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_G}\right)^2}}$$

wenn λ_G nicht bekannt:

$$\lambda_{H,m,n} = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \lambda^2 \left(\left(\frac{m}{2a}\right)^2 + \left(\frac{n}{2b}\right)^2 \right)}}$$

31. Ist in einem Rechteckhohlleiter ($a = 3\text{cm}$, $b = 1,8\text{cm}$) bei den Frequenzen 1GHz und 10GHz Wellenausbreitung möglich (Begründung, welche Moden)?

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{c_0}{f_1} = 299,8\text{mm} && \text{keine Ausbreitung möglich} \\ \lambda_2 &= \frac{c_0}{f_2} = 29,98\text{mm} && \text{Ausbreitung möglich } (H_{10}) \end{aligned}$$

32. Skizzieren (und beschriften!) Sie den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Phasen/Gruppengeschwindigkeiten beim Rechteckhohlleiter!

Siehe Abbildung 6.2

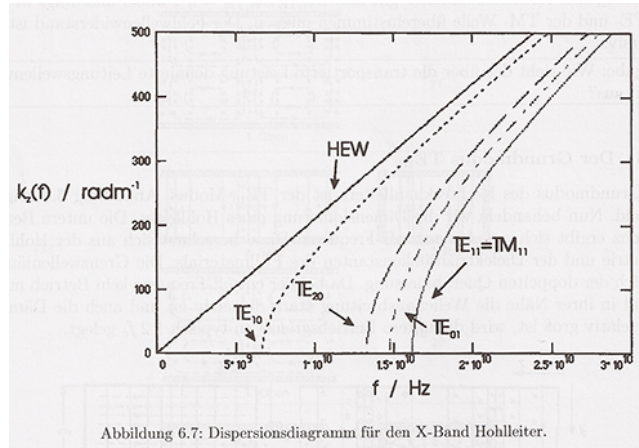
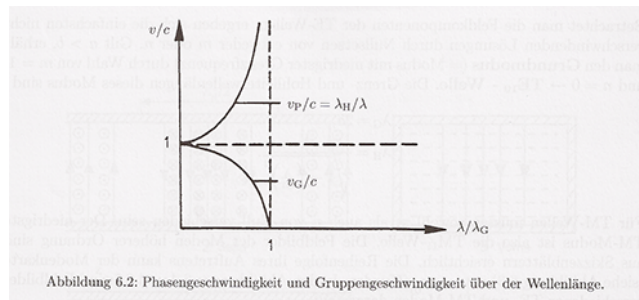
33. Zeichnen Sie das Dispersionsdiagramm einer TEM-Welle und einer TE_{10} -Welle! (Beschriftung, keine Zahlenwerte!)

Siehe Abbildung 6.7

34. Geben Sie den Grundmodus der Parallelplattenleitung, des Rechteckhohlwellenleiters und des Koaxkabels an!

Rechteckhohlwellenleiter: TE_{10}

Koaxkabel und Parallelleiter: TEM



35. Skizzieren Sie die Feldbilder des TEM-Modus für \vec{E} und \vec{H} in einem Koaxialkabel!

Siehe Abbildung 7.1

36. Wie hängen die dielektrischen Verluste in der Mikrostreifenleitung von der Frequenz ab? $\alpha_D \propto \omega^a$, $a = ?$
Ist das gut oder schlecht? Warum?

Die dielektrischen Verluste sind proportional zur Frequenz $\Rightarrow a = 1$

$$\alpha_D = k_E \frac{s}{2}, \quad \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = \tan \theta = s, \quad \alpha_D = \frac{\pi}{\lambda} \tan \theta$$

schlecht, da Verluste direkt proportional ansteigen und für hohe Frequenzen hohe Feldstärken notwendig werden

37. Wie hängen bei der Microstripleitung die Verluste von der Frequenz ab?

ohmsche Verluste: $\propto \sqrt{\omega}$

dielektrische Verluste: $\propto \omega$

Abstrahlungsverluste: hauptsächlich geometrieabhängig

38. Erklären Sie die Unterschiede zwischen Dispersionsbegrenzung und Dämpfungsbegrenzung bei Nachrichtenübertragung über Wellenleiter!

Dispersionsbegrenzung: Beschreibt die Verzerrung des Signals. Es bezeichnet das breiter werden von schmalen Pulsen und schlussendlich ineinanderlaufen (ISI)

Dämpfungsbegrenzung: Beschreibt die Verzerrung des SNR. Begrenzung durch Signalstärke, Signal geht im Rauschen unter

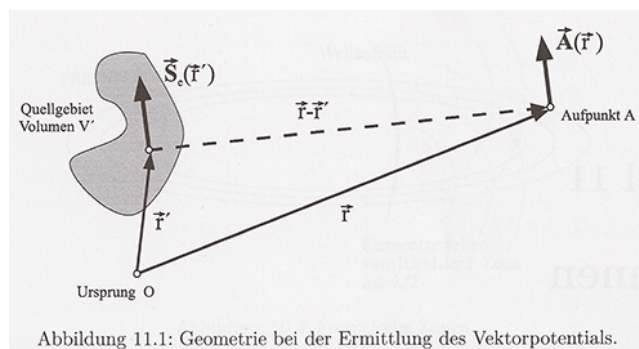
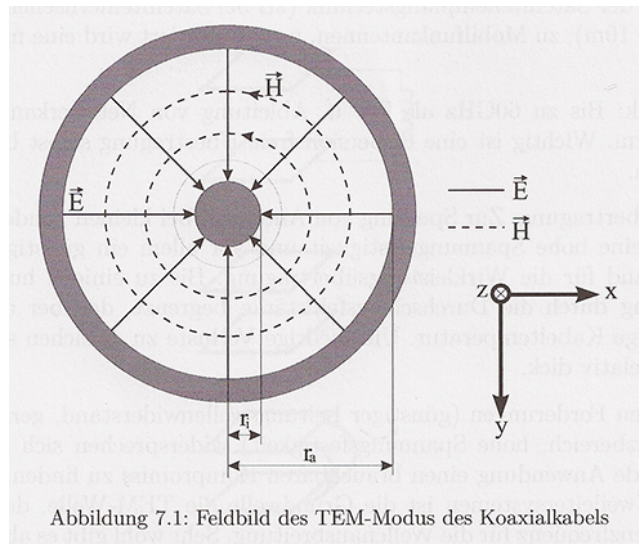
39. Definieren Sie das Vektorpotential \vec{A} !

$$\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

40. Wie lautet die Lösung der inhomogenen Helmholtzgleichung für das Vektorpotential \vec{A} bei bekannter Dichte der eingepprägten Ströme \vec{S}_e ? Zeichnen Sie eine Skizze der Geometrie!

$$\vec{A}(\vec{r}) = \mu \int_{V'} \frac{\vec{S}_e(\vec{r}') e^{-jk|\vec{r}-\vec{r}'|}}{4\pi |\vec{r}-\vec{r}'|} dV'$$

Siehe Abbildung 11.1



41. Mit Hilfe welcher Größe (Name) unterscheidet man Nah- und Fernzone einer Antenne und welchen Wert hat sie (Formel)? Geben Sie die Bedeutung und Einheit der verwendeten Größen an.

$$r_D = \frac{2D^2}{\lambda} (+\lambda) \dots \text{Rayleighdistanz}$$

D ... Antennenquerabmessung [m]

42. Welche Richtcharakteristik hat ein Hertz'scher Dipol? Welchen Gewinn hat er über dem Isotropstrahler?

Richtcharakteristik:

$$\vartheta_{max} = \pi/2, \quad \varphi_{max} = \text{beliebig}$$

$$\frac{E_{\vartheta}}{E_{\vartheta}(\pi/2)} = \frac{H_{\varphi}}{H_{\varphi}(\pi/2)} = f(\vartheta, \varphi) = \sin \vartheta$$

Gewinn:

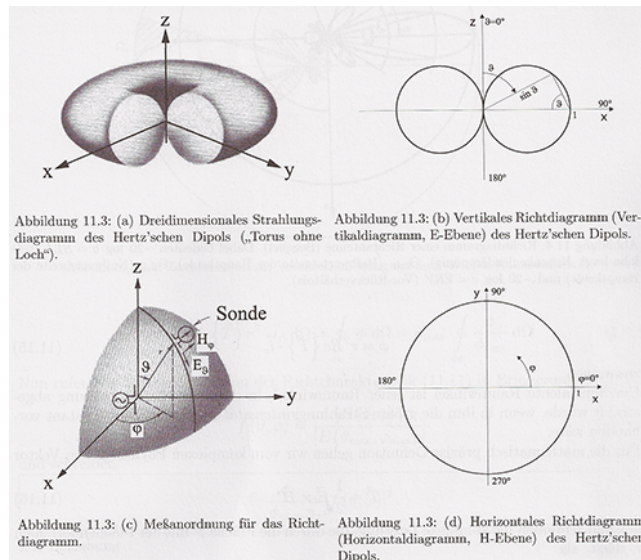
$$G_{ISO}(HD) = \frac{3}{2} \hat{=} 1,76 \text{ dBi}$$

43. Welche Eigenschaften kennzeichnen einen Hertz'schen Dipol?

Siehe Frage 42.

44. Welche Feldkomponenten treten bei einem Hertz'schen Dipol in der Fernzone auf? (Skizze!)

Siehe Abbildung 11.3



45. Schreiben Sie zwei Definitionen des Antennengewinns an! Erklären Sie die verwendeten Größen und geben Sie ihre Einheiten an!

$$\frac{P_{L,2}}{P_{L,1}} \frac{\Phi_{1,max}}{\Phi_{2,max}}$$

$$\frac{P_{L,2} |E_{\vartheta}|_{max,1}^2}{P_{L,1} |E_{\vartheta}|_{max,2}^2}$$

$$\frac{P_{L,2} |H_{\vartheta}|_{max,1}^2}{P_{L,1} |H_{\vartheta}|_{max,2}^2}$$

$$\frac{G_{1(ISO)}}{G_{2(ISO)}}$$

$$\frac{G_{1(HD)}}{G_{2(HD)}}$$

P	...	Leistung [W]
Φ	...	Strahlungsintensität [W/sr] = [W]
G	...	Gewinn [1]
E	...	Feldstärke [V/m]
H	...	Feldstärke [A/m]

46. Geben Sie zwei praxisgerechte Verfahren für die Bestimmung des Antennengewinnes an (Skizze). Welche Länge muss das für die Messung verwendete Funkfeld haben?

Da es sich um das Fernfeld handelt, muss die Distanz größer als die Rayleighdistanz sein.

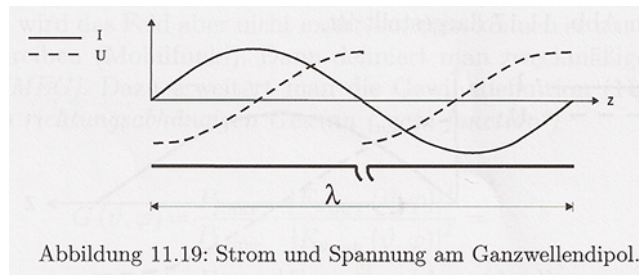
- Feldstärke (im Fernfeld) zur Feldstärke der Vergleichsantenne bei gleicher Leistung am Eingang
- Einsparung an verfügbarer Leistung für die Versuchsantenne gegenüber Vergleichsantenne bei gleicher Fernfeldstärke

47. Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamer Antennenfläche und dem Antennengewinn für einen Flächenwirkungsgrad $w = 1$?

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A \cdot w$$

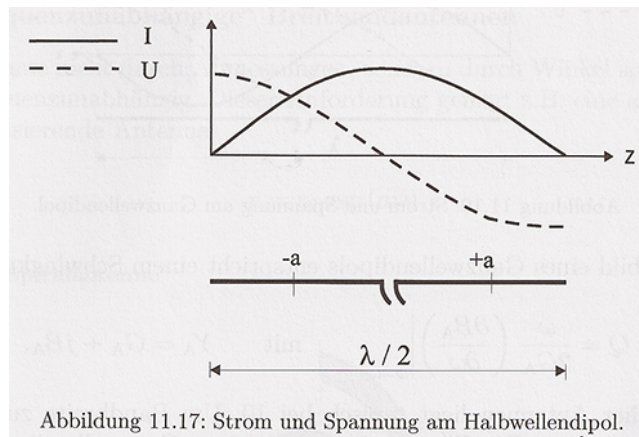
48. Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !

Siehe Abbildung 11.19



49. Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $\lambda/2$!

Siehe Abbildung 11.17



50. Skizzieren Sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge $3\lambda/2$!

Mischung aus Frage 48 und 49

51. Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?

Die Kreuzpolarisation (XPD, cross polarization discrimination) ist das Verhältnis der abgestrahlten Leistung in der beabsichtigten Polarisation zur abgestrahlten Leistung in der orthogonalen Polarisation. Wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden, liegt die Kreuzpolarisation typischerweise bei etwa 10dB.

52. Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?

Drehpolarisationen. Man kann auch jede linear polarisierte Welle empfangen, unter Verlust von 3dB. Zwei gekreuzte Dipole werden mit den gleichen, jedoch um $\pi/2$ phasenverschobenen Signalen gespeist. Durch die räumliche Überlagerung zweier um $\pi/2$ phasenverschobener linear polarisierter Wellen ergibt sich in Summe eine zirkular polarisierte Welle in Richtung normal auf beide Dipole

53. Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!

Siehe Abbildung 11.24

54. Skizzieren Sie den Strahlengang einer Offset-Feed Parabolantenne!

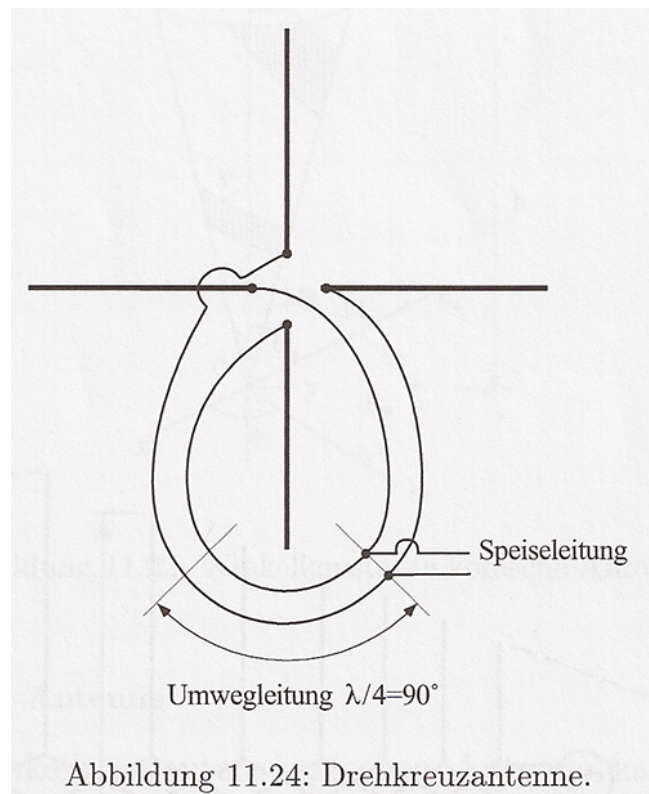
Siehe Abbildung 1

55. Nenne Sie fünf wichtige Eigenschaften von Antennen!

Polarisation, Gewinn, Bandbreite, (Grund)Frequenz, EIRP/ERP, Richtcharakteristik, Impedanz, Direktivität, Befestigung/Stabilität, Baugröße, Kosten

56. Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!

Halbwellendipol, Ganzwellendipol



57. Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!

Langdrahtantenne, Logarithmische Spiralantenne, Logarithmisch-periodische Antenne, winkelkonstante konische Antenne

58. Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?

Die Bandbreite einer Antenne ist jener Frequenzbereich, in dem sie die an sie gestellten Anforderungen hinsichtlich

- Gewinn
- Richtcharakteristik
- Eingangsimpedanz
- Polarisation

erfüllt.

59. Eine Antenne mit 4000Ω Flusspunktimpedanz soll mit einem Koaxialkabel von 50Ω Impedanz gespeist werden. Welche Aufgaben hat hierbei ein Anpassungsnetzwerk und wo wäre es im Idealfall anzuordnen?

Das Anpassungsnetzwerk wäre zwischen Speiseleitung und Antenne anzuordnen. Anpassung für maximale Wirkleistungsübertragung $Z'_G = Z_A^$*

Siehe Abbildung 11.14

60. Sie wollen bei einem bestehenden Design einer logarithmisch-periodischen-Antenne die Bandbreite zu tiefen Frequenzen hin vergrößern: Wo fügen Sie ein Element welcher Länge hinzu?

Wenn längstes Element Länge l , und zweitlängstes l/τ , so muss neues Element $l\tau$ lang sein. Gleiches gilt für die Position!

61. Was ist die Bedingung für eine Line-Of-Sight (LOS) Verbindung?

Fresnelzone muss frei sein $r = \sqrt{\frac{d\lambda}{4}}$

62. Was ist ein Weibull-Plot und wie sieht darin eine Rayleigh-Verteilung aus?

Statistik der Empfangspegel (Unterschreitungswahrscheinlichkeit über Empfangsleistung in dB) bei kleinräumigen Schwund wird dann recht gut durch die Rayleigh-Verteilung beschrieben. Man kann sehen, ob eine Rayleigh Verteilung vorliegt, wenn man die Messwerte in ein Weibull-Papier einträgt. \Rightarrow Rayleigh-Verteilung erscheint als Gerade

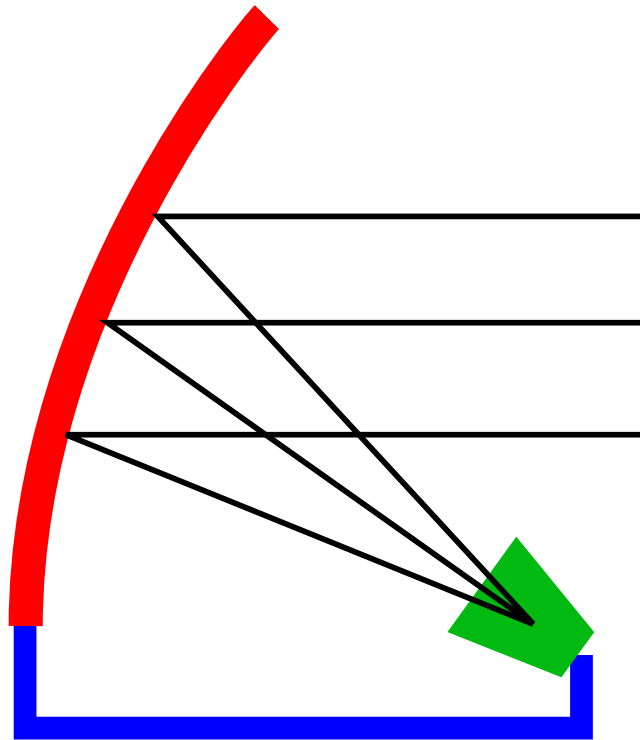
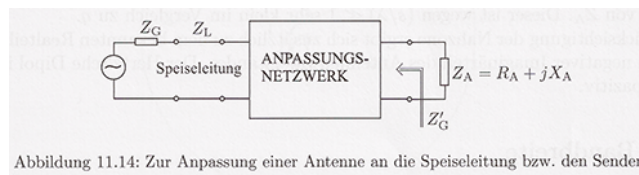


Abbildung 1: Strahlengang Offset-Feed Parabolantenne



63. Welche Ausbreitungsphänomene werden durch eine Rayleigh- bzw. Rice-Verteilung beschrieben?
Orts- und Zeitabhängiger Schund, Zeitmarkante 2-Wegeausbreitung, Intersymbolinterferenz (ISI)