

TU WIEN

WELLENAUSBREITUNG

VU-389.064

Prüfungen

Theorie

Angaben

Wir können die Unterlagen von denen wir gelernt haben nicht ändern,
aber wir können der Nachwelt bessere hinterlassen.

Lizenz:

GNU GPLv3

1. April 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
	Freiraumausbreitung 1.	6
	Leistungsvergleich Freiraum/Leitung 2.	7
	Strom und Spannungsverteilung 3.	8
	Vektorpotential 4.	9
2	Maxwell Theorie	10
	Dielektrizitätskonstante 5.	10
	Gedämpfte Welle 6.	11
	Koninutätsgleichung 7.	12
	Kraftgleichung 8.	13
	Ladungsfreiheit und Relaxationszeit 9.	14
	Maxwell differenziell 10.	15
	Maxwell harmonisch 11.	16
	Poynting 1 12.	17
	Poynting 2 13.	18
	Separationsansatz 2 14.	19
	Seperationsbedingung 15.	20
	Seperatoinsansatz 1 16.	21
3	Die homogene ebene Welle (HEW)	22
	Depolarisation 17.	22
	Eindringtiefe 18.	23
	Gesamtstromdichte 19.	24
	Eindimensionale homogene Wellengleichung 20.	25
	Mediumswellenwiderstand 21.	26
	Wellenlänge 22.	27
	Wellenwiderstand 23.	28
	Wellenzahl 1 24.	29
	Wellenzahl 2 25.	30
	Wellenzahl 3 26.	31
	Widerstand 27.	32
	Feldbild 28.	33

4 Reflexion an glatten Grenzflächen, die Parallelplattenleitung	34
Brewsterwinkel 2 29.	34
Brewsterwinkel 30.	35
Entartung 31.	36
Grundmodus allgemein 32.	37
5 Die Oberflächenwelle	38
Oberflächenwiderstand 33.	38
6 Rechteckhohlleiter und Resonatoren	39
Grundmodus 34.	39
Grundmodus vergleichen 35.	40
Mikrowellenofen 36.	41
Phasen und Gruppengeschwindigkeit 37.	42
Dispersionsdiagramm 38.	43
7 Koaxialleitungen	44
Dämpfung von Koaxialkabeln 39.	44
Feldbild 40.	45
8 Dielektrische Wellenleiter	46
Übertragungsgrenzen 41.	46
9 Streifenleitung	47
Microstripleitung 42.	47
10 Wellen und Hindernisse	48
Antennengewinn 1 43.	48
11 Antennen	49
Anpassungsnetzwerk 44.	49
Antennenfläche & Antennengewinn 45.	50
Antennen 46.	51
Bandbreite 47.	52
Breitbandantennen 48.	53
Drehkreuzantenne 1 49.	54

Effektive Antennenfläche 50.	55
Effektiver Antennengewinn 51.	56
Kreuzpolarisation 52.	57
LNB und LNC 53.	58
Logarithmisch Periodisch 54.	59
Strahlengang Offset Parabolantenne 55.	60
Antennen ordnen 56.	61
Rayleighdistanz 57.	62
Reziprozitätstheorem 58.	63
Richtcharakteristik 59.	64
Schmalbandantennen 60.	65
Strom und Spannungsverteilung 1 61.	66
Strom und Spannungsverteilung 3 62.	67
Stehwellenverhältnis VSWR 63.	68
Beverage-Antenne 64.	69
Antennengewinn 2 65.	70
Drehkreuzantenne 2 66.	71
Strom-/Spannungsverteilung auf Dipol 67.	72
Helmholtz 68.	73
12 Wellen im freien Raum	74
Radarquerschnitt 69.	74
Radarsystem 70.	75
13 Mehrwegeausbreitung	76
LOS Bedingung 71.	76
Mean Effektive Gain 72.	77
Mobilfunkantennen 73.	78
Ausbreitungsphänomene 74.	79
Schwund 75.	80
Weibull-Plot 76.	81

Werter Student!

Diese Unterlagen werden dir **kostenlos** zur Verfügung gestellt, damit sie dir im Studium behilflich sind. Sie wurden von vielen Studierenden zusammengetragen, digitalisiert und aufgearbeitet. Ohne der Arbeit der Studierenden wären diese Unterlagen nicht entstanden und du müsstest dir jetzt alles selber zusammensuchen und von schlecht eingescannten oder abfotografierten Seiten lernen. Zu den Beispielen gibt es verschiedene Lösungen, welche du dir auch erst mühsamst raussuchen und überprüfen müsstest. Die Zeit die du in deine Suche und Recherche investierst wäre für nachfolgende Studenten verloren. Diese Unterlagen leben von der Gemeinschaft die sie betreuen. Hilf auch du mit und erweitere diese Unterlagen mit deinem Wissen, damit sie auch von nachfolgenden Studierenden genutzt werden können. Geh dazu bitte auf <https://github.com/Painkilla/VO-389.064-Wellenausbreitung/issues> und schau dir in der TODO Liste an was du beitragen möchtest. Selbst das Ausbessern von Tippfehlern oder Rechtschreibung ist ein wertvoller Beitrag für das Projekt. Nütze auch die Möglichkeit zur Einsichtnahme von Prüfungen zu gehen und die Angaben Anderen zur Verfügung zu stellen, damit die Qualität der Unterlagen stetig besser wird. \LaTeX und Git sind nicht schwer zu lernen und haben auch einen Mehrwert für das Studium und das spätere Berufsleben. Sämtliche Seminar oder Bachelorarbeiten sind mit \LaTeX zu schreiben. Git ist ideal um gemeinsam an einem Projekt zu arbeiten und es voran zu bringen. Als Student kann man auf GitHub übrigens kostenlos unbegrenzt private Projekte hosten.

Mit dem Befehl:

```
$ git clone recursive https://github.com/Painkilla/VO-389.064-Wellenausbreitung.
```

erstellst du eine lokale Kopie des Repositoriums. Du kannst dann die Dateien mit einem \LaTeX -Editor deiner Wahl bearbeiten und dir das Ergebnis ansehen. Bist du auf GitHub registriert, kannst du einen Fork (englisch für Ableger) erstellen und mit den Befehlen:

```
$ git commit -m "Dein Kommentar zu den Änderungen"
```

```
$ git push
```

werden deine Ergänzungen auf deinen Ableger am Server gesendet. Damit deine Ergänzungen auch in das zentrale Repository gelangen und allen

Studierenden zur Verfügung stehen, musst du nur noch einen Pull-Request erstellen.

1 Einleitung

Freiraumausbreitung 1.

Nennen Sie je zwei Vor- und Nachteile von Freiraumausbreitung im Vergleich zur Übertragung über Leitungen! Nennen Sie drei wesentliche Vorteile der drahtlosen Übertragung!

Hinweis:

Skript Seite 9

Leistungsvergleich Freiraum/Leitung 2.

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

Hinweis:

Skript Seite 9

Strom und Spannungsverteilung 3.

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

Hinweis:

Vektorpotential 4.

Definieren Sie das Vektorpotential \vec{A} !

Hinweis:

2 Maxwell Theorie

Dielektrizitätskonstante 5.

Wie schreibt man die komplexe Dielektrizitätskonstante δ zweckmässig bei Ohmschen Verlusten und bei Umpolarisierungsverlusten an?

Hinweis:

Gedämpfte Welle 6.

Worin unterscheidet sich eine gedämpfte Welle von einem abklingenden evaneszenten Feld? (2 P.)

Kontinuitätsgleichung 7.

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

Hinweis:

Skript Seite 12

Kraftgleichung 8.

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

Hinweis:

Skript Seite 13

Ladungsfreiheit und Relaxationszeit 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?

Hinweis:

Skript Seite 14

Maxwell differenziell 10.

Schreiben Sie die vier Maxwellgleichungen in differentieller Form an!

Hinweis:

Skript Seite 13

Maxwell harmonisch 11.

Schreiben Sie die vier Maxwellschen Gleichungen für harmonische Vorgänge in komplexer Schreibweise an! Es sei Ladungsfreiheit angenommen. Verwenden Sie wenn möglich lediglich E und H .

Hinweis:

Skript Seite 15

Poynting 1 12.

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

Hinweis:

Skript Seite 16, Edyn Seite 53.

Poynting 2 13.

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

Hinweis:

Skript Seite 15–16.

Separationsansatz 2 14.

Wie lautet der Separationsansatz für die Wellenfunktion $\psi(x, y, z)$

Hinweis:

Skript Seite 21

Seperationsbedingung 15.

Wie lautet die Separationsbedingung in kartesischen Koordinaten?

Hinweis:

Skript Seite 21

Seperatoinsansatz 1 16.

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

Hinweis:

Skript Seite 21

3 Die homogene ebene Welle (HEW)

Depolarisation 17.

Beschreiben sie stichwortartig drei Depolarisationsmechanismen bei der Funkübertragung!

Hinweis:

Skript Seite 33

Eindringtiefe 18.

Geben sie die Formel für die Eindringtiefe in einen Quasileiter an! Erklären Sie alle Größen und nennen Sie deren Einheiten!

Hinweis:

Gesamtstromdichte 19.

Aus welchen Komponenten setzt sich die Gesamtstromdichte in einem Quasielektrikum zusammen?

Hinweis:

Eindimensionale homogene Wellengleichung 20.

Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz der eindimensionalen homogenen Wellengleichung?

Hinweis:

Skript Seite 25

Mediumswellenwiderstand 21.

Erklären Sie die Begriffe Mediumswellenwiderstand und Leitungswellenwiderstand sowie ihren Zusammenhang bei einer Leitung.

Wellenlänge 22.

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

Wellenwiderstand 23.

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

Hinweis:

Wellenzahl 1 24.

Was geben Wellenzahl und Kreisfrequenz an?

Hinweis:

Skript Seite 29

Wellenzahl 2 25.

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

Hinweis:

Skriptum Seite 35

Wellenzahl 3 26.

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

Widerstand 27.

Geben Sie die verschiedenen Widerstände an.

Feldbild 28.

Skizzieren sie, wie das elektrische und das Magnetische Feld einer Parallelplattenleitung praktisch (d.h. ohne Idealisierung) aussieht!

Hinweis:

4 Reflexion an glatten Grenzflächen, die Parallelplattenleitung

Brewsterwinkel 2 29.

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

Brewsterwinkel 30.

Eine TM Welle möge auf eine Grenzschicht zwischen Vakuum ($n_1 = 1.0$) und Fensterglas ($n_2 = 1.5$) auftreffen. Geben sie den Brewsterwinkel im Vakuum und im Glas an!

Entartung 31.

Wann sind zwei Wellentypen entartet? Was ist ein Modus?

Hinweis:

Skriptum Seite 51

Grundmodus allgemein 32.

Was verstehen Sie allgemein unter dem Grundmodus eines beliebigen Wellenleiters?

Hinweis:

Seite 43

5 Die Oberflächenwelle

Oberflächenwiderstand 33.

Erklären Sie den Begriff des Oberflächenwiderstandes. Wo tritt dieser bei der Power Loss Methode auf?

6 Rechteckhohlleiter und Resonatoren

Grundmodus 34.

Was ist der Grundmodus des Rechteckhohlleiters?

Hinweis:

Skript Seite 61

Grundmodus vergleichen 35.

Geben Sie den Grundmodus der Parallelplattenleitung, des Rechteckhohlwellenleiters und des Koaxialkabels an!

Hinweis:

Skript Seite 68, 43, 61

Mikrowellenofen 36.

Warum haben Mikrowellenöfen, die bei $2,45\text{ GHz}$ arbeiten, immer einen etwa 3 cm breiten Türpfalz?

Phasen und Gruppengeschwindigkeit 37.

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

Hinweis:

Dispersionsdiagramm 38.

Zeichnen Sie das Dispersionsdiagramm einer TE_{10} -Welle im Rechteckhohlleiter. (Beschriftung, keine Zahlenwerte)

Hinweis:

7 Koaxialleitungen

Dämpfung von Koaxialkabeln 39.

Wie lässt sich die Dämpfung von Koaxialkabeln für ein gegebenes Signal verringern ohne die verwendeten Materialien oder den Wellenwiderstand zu verändern? Ist die Methode beliebig steigerbar? (Begründung) (2 P.)

Feldbild 40.

Skizzieren sie die Feldbilder des TEM-Modus für E und H in einem Koaxialkabel!

Hinweis:

Siehe Abb. 7.1 u. Skript Seite 78

8 Dielektrische Wellenleiter

Übertragungsgrenzen 41.

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

Hinweis:

9 Streifenleitung

Microstripleitung 42.

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

10 Wellen und Hindernisse

Antennengewinn 1 43.

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

Hinweis:

Übungsskript Seite 179

11 Antennen

Anpassungsnetzwerk 44.

Eine Antenne mit $4000\ \Omega$ Fusspunktimpedanz soll mit einem Koaxialkabel von $50\ \Omega$ Impedanz gespeist werden. Welche Aufgabe hat hierbei ein Anpassungsnetzwerk, und wo wäre es im Idealfall anzuordnen?

Hinweis:

Seite 127

Antennenfläche & Antennengewinn 45.

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

Hinweis:

Skript Seite 109

Antennen 46.

Nennen Sie fünf wichtige Eigenschaften von Antennen! (2 P.)

Hinweis:

Skript Kapitel 11

Bandbreite 47.

Wie kann man die Bandbreite einer Antenne definieren?

Hinweis:

Skript Seite 116

Breitbandantennen 48.

Nennen Sie zwei breitbandige Antennen!

Hinweis:

Skript Seite 119

Drehkreuzantenne 1 49.

Welches Anwendungsgebiet hat eine Drehkreuzantenne?

Hinweis:

Skript Seite 112

Effektive Antennenfläche 50.

Was sagt die effektive Antennenfläche über eine beliebige Antenne aus?

Effektiver Antennengewinn 51.

Was ist der effektive Antennengewinn und wie wirkt er sich aus?

Kreuzpolarisation 52.

Was verstehen Sie im Laborjargon unter Kreuzpolarisation?

Hinweis:

Skript Seite 112

LNB und LNC 53.

Was ist ein LNB bzw. LNC? Aus welchen Komponenten besteht er und wo wird er verwendet?

Logarithmisch Periodisch 54.

Sie wollen bei einem bestehenden Design einer Logarithmisch-Periodischen-Antenne die Bandbreite zu tiefen Frequenzen hin vergrößern: Wo fügen Sie ein Element hinzu? (Skizze!)

Strahlengang Offset Parabolantenne 55.

Skizzieren Sie den Strahlengang einer Offset-Feed Parabolantenne.

Antennen ordnen 56.

Ordnen Sie folgende Antennen aufsteigend nach (a) Länge, (b) Betrag der Eingangsimpedanz:

$\lambda/2$ -Dipol, λ -Dipol, Herz'scher Dipol

Rayleighdistanz 57.

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.

Hinweis:

Skript Seite 101

Reziprozitätstheorem 58.

Was besagt das Reziprozitätstheorem bei Antennen? Welche Voraussetzungen müssen gelten, damit es anwendbar ist?

Richtcharakteristik 59.

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

Hinweis:

Skript Seiten 102, 108

Schmalbandantennen 60.

Nennen Sie zwei schmalbandige Antennen!

Hinweis:

Skript Seite 118–119

Strom und Spannungsverteilung 1 61.

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

Hinweis:

Strom und Spannungsverteilung 3 62.

Skizzieren sie die Stromverteilung und die Spannungsverteilung auf einem in der Mitte gespeisten Dipol der Länge λ !

Hinweis:

Stehwellenverhältnis VSWR 63.

Was gibt das Stehwellenverhältnis VSWR an, und wo wird es verwendet?

Hinweis:

Skript Seite 127

Beverage-Antenne 64.

Beschreiben und skizzieren Sie den Aufbau und die Eigenschaften einer Beverage-Antenne. Warum wird diese Antenne nur für Sender kleiner Leistung verwendet?

Antennengewinn 2 65.

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

Hinweis:

Skript Seite 107

Drehkreuzantenne 2 66.

Skizzieren Sie eine Drehkreuzantenne inklusive der Speiseleitung!

Hinweis:

Skript Seite 112

Strom-/Spannungsverteilung auf Dipol 67.

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

Hinweis:

Skript Seite 118–119

Helmholtz 68.

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!

Hinweis:

12 Wellen im freien Raum

Radarquerschnitt 69.

Was ist der Radarquerschnitt eines Objektes? Erläutern Sie das zu Grunde liegende Konzept hinsichtlich der äquivalenten Abstrahlung.

Hinweis:

Radarsystem 70.

Ein Radarsystem arbeitet mit einer Impulssendeleistung von 1 kW . Welche Sendeleistung benötigen Sie bei sonst gleichbleibender Spezifikation, wenn das SNR um 6 dB verbessert werden soll?

13 Mehrwegeausbreitung

LOS Bedingung 71.

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

Hinweis:

Mean Effective Gain 72.

Was ist der Mean Effektive Gain und in welchem Zusammenhang wird er verwendet?

Mobilfunkantennen 73.

Warum sind Mobilfunkantennen hoch und schlank, während hingegen Radarantennen niedrig und breit sind?

Ausbreitungsphänomene 74.

Welche Ausbreitungsphänomene werden durch eine Rayleigh- bzw. durch eine Rice-Verteilung beschrieben?

Schwund 75.

Wann ist ein System bezüglich des Schwundes schmalbandig und wann breitbandig?

Weibull-Plot 76.

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