

TU WIEN

WELLENAUSBREITUNG

VU 389.064

WS 2016

Mündliche Sammlung

Lizenz:

GNU GPLv3

19. März 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
	Wellenausbreitung 1.	5
2	Maxwell Theorie	5
	Maxwell Gleichungen 2.	5
	Modalen Lösungen 3.	5
	Sprungbedingungen 4.	5
	Stehende welle 5.	5
	Rotorgleichungen 6.	5
	Poynting-Satz 7.	5
	1-Dimensionale Wellengleichung 8.	6
3	Die homogene ebene Welle (HEW)	6
	Homogene Ebene Welle 9.	6
	Polarisation 10.	6
	Depolarisation 11.	6
4	Reflexion an glatten Grenzflächen, die Parallelplattenleitung	6
	Brewster Winkel 12.	6
	Reflexion und Beugung 13.	6
	Parallelplatten 14.	7
	Leitungswellenwiderstand 15.	7
	TEM-Welle 16.	7
	Wellenimpedanz 17.	7
	Kurschluss auf Parallelplattenleitung 18.	7
5	Die Oberflächenwelle	7
	Skin Effekt 19.	7
6	Rechteckhohlleiter und Resonatoren	7
	Hohlleiter 20.	8
	Power Loss Methode 21.	8
	Geschwindigkeit 22.	8
	Hohlraumresonator 23.	8

7 Koaxialleitungen	8
Koaxialleitung 24.	9
8 Dielektrische Wellenleiter	9
Dielektrischer wellenleiter 25.	9
9 Streifenleitung	9
Streifenleitung 26.	9
10 Wellen und Hindernisse	9
Fresnelzone 27.	9
11 Antennen	10
Vektorpotential 28.	10
Rayleigh Distanz 29.	10
Herzscher Dipol 30.	10
Direktivität 31.	10
Eigenschaften 32.	10
Eingangsimpedanz 33.	10
EIRP 34.	10
Bandbreite 35.	10
Parabolantenne 36.	10
Zirkular polarisiert 37.	10
Drehkreuzantennen 38.	11
Abgestimmte Antennen 39.	11
Wendelantenne 40.	11
Breitband Antennen 41.	11
Sendeanlage 42.	11
VSWR 43.	11
12 Wellen im freien Raum	11
Richtfunk 44.	11
Pegelplan 45.	11
Radar 46.	11

13 Mehrwegeausbreitung	12
Zweiwegeausbreitung 47.	12
(N)LOS 48.	12

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 von den 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 rausuchen 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-370.015-Maschinen-und-Antriebe/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 https://github.com/Painkilla/VO-370.015-Maschinen-und-Antriebe.git
```

erstellst du eine lokale Kopie des Repositorium. Du kannst dann die Dateien mit einem \LaTeX -Editor deiner Wahl bearbeiten und dir das Ergebniss ansehen. Bist du auf GitHub registriert, kannst du einen Fork(engl: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 Repositorium gelangen und allen Studierenden zur Verfügung steht musst du nur noch einen Pull-Request erstellen.

1 Einleitung

Wellenausbreitung 1.

Unterschiede zw. Wellenausbreitung auf Leitungen und im Freiraum, insbesondere Zusammenhang zwischen Dämpfung und Entfernung.

x

2 Maxwell Theorie

Maxwell Gleichungen 2.

Maxwellsche Gleichungen in differentieller und integraler Form anschreiben.

x

Modalen Lösungen 3.

Was sind die modalen Lösungen? (Harmonische Vorgänge und Quellenfreiheit vorausgesetzt)

Sprungbedingungen 4.

Die Sprungbedingungen herleiten

Stehende welle 5.

Was ist eine Stehende Welle?

(hab $\cos(k_x x)$ hingeschrieben, er wollte noch Zeitabhängigkeit $A \cos(k_x x) \cos(\omega t)$, dann hat er noch ein Bild gemalt zu $t = 0$ und man musste einen anderen Zeitpunkt $t > 0$ einzeichnen (Amplitude wird kleiner, räumlicher Verlauf gleich), Welle gleicher Amplitude in sich selbst gespiegelt)

Rotorgleichungen 6.

Aus den Rotorgleichungen durch Elimination verallgemeinerte Gleichung für Wellen herleiten. (Helmholtzgleichung)

Poynting-Satz 7.

Poynting-Satz: Anschreiben, Terme erklären

1-Dimensionale Wellengleichung 8.

1-Dimensionale Wellengleichung anschreiben und erklären.

3 Die homogene ebene Welle (HEW)

x

Homogene Ebene Welle 9.

Was ist eine HEW?

Polarisation 10.

Polarisation: Welche Arten, Zeigerdarstellung örtlich und zeitlich, wie erzeugt man sie, welche Antennen, wieviel Freiheitsgrade hat man bei linearer / zirkularer Polarisation?

Depolarisation 11.

Depolarisationserscheinungen (Faradayeffekt)

4 Reflexion an glatten Grenzflächen, die Parallelplattenleitung

x

Brewster Winkel 12.

Brewster-Winkel und die Totalreflexion

Reflexion und Beugung 13.

Reflexion und Beugung: Wobei ich die Winkel für eine TE-Welle vom dünnen ins dichte Medium anschreiben und einzeichnen sowie die Vektoren (E , H , k) einzeichnen musste, dann ein bisschen was über den Verlauf von Γ_{TE} über dem Winkel erzählt hab und zum Schluss hat mich der Prof. zur Entspiegelung von Brillen durch mehrere Schichten und die daraus resultierenden Interferenzen geführt.

Parallelplatten 14.

Parallelplattenleitung: (Feldbild deutlich ausführlicher als im Skriptum drin ist)
Moden (TEM, TE, TM), Feldbilder (TEM, TE, TM), Wellenlängen, Ausbreitungsgeschwindigkeit der Moden (auch mit Formeln!)

Feldbilder von TE, TM mathematisch ausdrücken.

Wie schauen die Feldbilder aus? (Das Koordinatensystem richtig zeichnen!) Die Felder mit Vernachlässigung und ohne Vernachlässigung (Bedingung: $d \ll w$) der Streufelder hinzeichnen!

Leitungswellenwiderstand 15.

Leitungswellenwiderstand $Z_{PV} = \eta d/w$ herleiten

TEM-Welle 16.

Ist eine TEM Welle ausbreitungsfähig, wenn die Parallelplattenleitung mit einem Dielektrikum gefüllt wird?

Wellenimpedanz 17.

Woraus setzt sich die Wellenimpedanz zusammen (woraus der Realteil (Ohmsche Verluste, Abstrahlung)? Was sagt der Imaginärteil davon aus (Im Feld gespeicherte Energie, sollte möglichst klein sein)?

Kurschluss auf Parallelplattenleitung 18.

Was passiert, wenn ich die Parallelplattenleitung an beiden Ende kurzschließe?

5 Die Oberflächenwelle

x

Skin Effekt 19.

Skin-Effekt beschreiben: was beschreibt dieser, Eindringtiefe, \mathbb{R}_{\square}

6 Rechteckhohlleiter und Resonatoren

x

Hohlleiter 20.

Hohlleiter

Rechteckhohlleiter: Grundmodus, Felddbild aufzeichnen und erklären

Wie bestimmt man ausbreitungsfähige Wellen?

Welchen Ansatz ohne sich zu Tode zu rechnen und warum?

Verluste? Was ist die Power Loss Methode (in Worten)?

Hohlleiterwellenlänge: Skizze, Formeln und Erklärung

Power Loss Methode 21.

die Power-loss Methode: erklären, wann und warum funktioniert diese, was wird mathematisch vernachlässigt? (Störungsrechnung, nur 1. Term wird berücksichtigt)

Geschwindigkeit 22.

Verlauf Phasengeschwindigkeit und Gruppengeschwindigkeit im Rechteckhohlleiter im Verhältnis zur Wellenlänge (Was ist ein Hohlleiter dann (Hochpass), was passiert wenn $\lambda/\lambda_G > 1$ wird?)

Hohlraumresonator 23.

Hohlraumresonator

Felddbild, Resonanzfrequenz, Güte (hier wollte er die ganz allgemeine Definition mit $\omega/\Delta\omega \rightarrow$ wie scharf ist das Frequenzband), wovon hängt die Güte ab und wie kann man die verbessern (anderes Dielektrikum nehmen), welches Material sollte der Leiter haben (hohe Leitfähigkeit gut, also z.B. Innenbeschichtung mit Gold)

Wie bringt man die Welle in den Hohlraumresonator (Antennen oder Leiterschleifen)? Wo muss man dann genau die Antenne platzieren (Da, wo Moden, die man nicht anregen möchte, im Felddbild ein Minimum haben)?

Anwendung

7 Koaxialleitungen

x

Koaxialleitung 24.

Koaxialleitung

Feldbild, wesentliche Parameter, Ersatzschaltbild mit auftretenden Größen erklären sowie eine dieser Herleiten können (z.B. L'), wie kommt man von \mathbb{R}_{\square} auf R' ?

8 Dielektrische Wellenleiter

x

Dielektrischer wellenleiter 25.

Dielektrischer Wellenleiter allgemein

9 Streifenleitung

x

Streifenleitung 26.

Streifenleitung: allgemein, wie sieht die Feldverteilung bei der Mikrostriifenleitung aus (Randbedingungen genau zeichnen)? Wie dimensionieren Sie die Abmessungen? Welche Probleme ergeben sich bei einem rechten Winkel der Leiterbahn (zus. Kapazität)?

Ist eine TEM-Welle ausbreitungsfähig? (nur mit luft oder umschlossenem Medium)

Vergleiche mit Hohlleiter- oder Koaxleitung

Wie hängen die Verluste von der Frequenz ab?

Zur Microstrip: Wie sieht die häufigst verwendete Microstrip-Leitung aus, ungefähr das Feldbild, Vorteile, Füllfaktor, welche Verluste (ohmsche und dielektrische) existieren? Zeichne eine erdungssymmetrische, offene Streifenleitung!

10 Wellen und Hindernisse

x

Fresnelzone 27.

Fresnelzone

11 Antennen

x

Vektorpotential 28.

Vektorpotential: Herleitung, Helmholtzgleichung, Berechnung des Vektorpotentials bei eingepprägter Stromdichte (Bild mit Kartoffel-Antenne)

Rayleigh Distanz 29.

Rayleigh Distanz

Herzscher Dipol 30.

Herz'scher Dipol

Was ist der HD, wie ist er zu realisieren (zwei ganz kurze Leiterstücke), Formel vom Antennenwiderstand, Richtdiagramm

Direktivität 31.

Direktivität, äquivalenter Raumwinkel

Eigenschaften 32.

Eigenschaften einer Antenne, eine davon genauer erklären

Eingangsimpedanz 33.

Antenne: Eingangsimpedanz mit Formel und der Abbildung

EIRP 34.

Definiere EIRP/ERP

Bandbreite 35.

Die Bandbreite einer Antenne?

Parabolantenne 36.

Parabolantenne erklären, Antennengewinn, eff. Antennenfläche, Poynting

Zirkular polarisiert 37.

Zirkular polarisierende Antennen

Drehkreuzantennen 38.

Drehkreuzantennen

Abgestimmte Antennen 39.

Abgestimmte Antennen

Wendelantenne 40.

Wendelantenne: nur prinzipielle Funktionsweise (keine Formeln)

Breitband Antennen 41.

Breitbandige Antennen: Nach der Langdraht-Antenne von U-Booten haben wir uns über die Satelliten-Schüssel (eigentliche Antenne ist eine Hornantenne zur Leistungsanpassung) zu Spiralantennen (wobei die Kegelform dazu führt, dass selbige breitbandig ist) vorgearbeitet.

Sendeanlage 42.

Sendeanlage (mit Generator, Leitung und Antenne) mit Anpassung der Leitung, Reflexion, stehende Welle

VSWR 43.

Welligkeit, VSWR

12 Wellen im freien Raum

x

Richtfunk 44.

Alles zum Richtfunk: Fresnellsches Ellipsoid (Formeln), Verwendete Antennen, etc.

Pegelplan 45.

Pegelplan: tabellarisch und graphisch, verschiedene Faktoren erklären, insbesondere das Rauschen und die Streckendämpfung

Radar 46.

Radar (nur ganz allgemein, Sigma definieren, wie ist Gewinn einer flächenhaften Antenne ermittelbar, d^{-4} Abstandsabhängigkeit)

13 Mehrwegeausbreitung

x

Zweiwegeausbreitung 47.

Zweiwegeausbreitung mit Formel der Übertragungsfunktion und Verlauf über der Frequenz.

(N)LOS 48.

Verteilungen bei NLOS, LOS