

# Elektromagnetische Wellen

Prof. Dr. C. Clemen, WS 97/98

## Inhalt:

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Vorwort	1
1.2	Abgrenzung: Technische Wechselstromlehre, NF-Technik, HF-Technik	1
1.3	Historisches	2
<b>2</b>	<b>Grundlagen zu den Feldern</b>	<b>3</b>
2.1	Elektrisches Feld	3
2.2	Magnetisches Feld	4
2.3	Verknüpfung der Felder	5
2.4	Materieeinfluß	7
2.5	Ausbreitung elektromagnetischer Felder	9
2.5.1	Abstrahlung von einer Dipolantenne im freien Raum	9
2.5.2	Geführte Ausbreitung von Wellen auf einer Leitung	10
2.6	Feldgleichungen	10
2.6.1	Integrale Formulierung	11
2.6.2	Differentielle Form der Maxwell'schen Gleichungen	12
2.7	Allgemeine Lösung der Maxwell'schen Gleichungen	12
<b>3</b>	<b>Ebene elektromagnetische Wellen</b>	<b>16</b>
3.1	Anschauliche Beschreibung	16
3.2	Wellengleichung und Wellenfunktion	18
3.3	Gedämpfte Welle	22
3.3.1	Dielektrika mit schwacher Leitfähigkeit	22
3.3.2	Leiter	22
<b>4</b>	<b>Leitungswellen (TEM)</b>	<b>25</b>
4.1	Leitungstypen	25
4.1.1	2-Draht-Leitung	25
4.1.2	Koaxialleitung	25
4.1.3	Feldlinienbilder	26
4.2	Leistungsparameter in quasistatischer Näherung	26
4.3	Komplexe Ausbreitungskonstante und Wellenwiderstand der Leitungswellen	27
<b>5</b>	<b>Leitung mit Abschluß</b>	<b>31</b>
5.1	Strom, Spannung, Impedanz	31
5.2	Reflexionsfaktor	32
5.2.1	Strom und Spannung bei kurzgeschlossener, verlustfreier Leitung	34
5.2.2	Reflexionsfaktor aus Welligkeit	36
5.2.3	Transformationsformeln für Impedanz und Reflexionsfaktor bei verlustloser Leitung	36
5.3	Smith-Diagramm	38
5.4	Leistungsresonator	41
5.5	Pulse auf Leitungen	45

<b>6</b>	<b>Anpassung</b>	<b>50</b>
6.1	Lambda-Viertel-Transformator	52
6.1.1	Frequenzabhängigkeit der Anpassung	52
6.1.2	Breitbandige Anpassung	53
6.1.3	Wirkungsweise	55
6.2	Stichleitungen	55
6.2.1	Leitungstransformation mit einer Reaktanzleitung	56
6.2.2	Leitungstransformation mit zwei Reaktanzleitungen	57
6.2.3	Frequenzabhängigkeit	59
6.3	Anpassungsschaltung mit unterschiedlichen Wellenwiderständen	60
<b>7</b>	<b>Entwicklung eines Verstärkers</b>	<b>61</b>
7.1	Normierte Spannungswellen (Leistungswellen)	62
7.2	Überführen des Ersatzschaltbildes in ein Wellenflußdiagramm	63
7.3	S-Parameter	64
7.3.1	Wichtige Beziehungen bei angepaßten Abschluß	65
7.3.2	Eigenschaften spezieller Netzwerke	65
7.4	Transformation der Reflexionsfaktoren und der Urwelle	65
7.5	Dämpfungen und Verstärkungen von Zweitoren	67
7.6	Transistorverstärker	70
7.7	Stabilitätskriterien	71
7.8	Beispiel	72
<b>8</b>	<b>Hohleiter</b>	<b>74</b>
8.1	Quasioptische Ableitung der Felder der Hohleiterwellen	74
8.2	Ableitung der Felder für die Grundmode im Rechteckhohleiter	80
8.3	Moden in Rechteck- und Rundhohleitern	83
8.3.1	Rechteckhohleiter	84
8.3.2	Rundhohleiter	88
<b>9</b>	<b>Resonatoren und Filter</b>	<b>92</b>
9.1	Resonanzkreis mit konzentrierten Bauelementen	92
9.2	Leitungsresonator	95
9.3	Hohlraumresonatoren	98
9.3.1	Rechteckhohlraumresonator	98
9.3.2	Rundhohleiterresonator	100
<b>10</b>	<b>Antennen</b>	<b>103</b>
10.1	Einführung	103
10.2	Hertz' scher Dipol	105
10.3	Magnetischer Dipol	110
10.4	Zeilen und technische Ausführung von Antennen	112
10.4.1	Zwei Strahler	112
10.4.2	Zeile	114
10.4.3	Technischer Dipol	116
10.5	Leistungsübertragung über Funkstrecke	118
<b>11</b>	<b>Literatur</b>	<b>119</b>