

# Inhaltsverzeichnis

<u>1. Einleitung</u> . . . . .	1
Literatur . . . . .	3
<u>2. Die Maxwellschen Gleichungen</u> . . . . .	4
2.1 Axiomatische Einführung der Maxwellschen Gleichungen und Diskussion der Materialbeziehungen . . . . .	4
2.2 Die Kramers-Kronig-Relationen . . . . .	13
2.3 Die Kontinuitätsgleichung . . . . .	16
2.4 Die Maxwellschen Gleichungen bei harmonischer Zeitabhängigkeit . . . . .	17
2.5 Das Reziprozitätsgesetz . . . . .	19
2.6 Die Energie eines elektromagnetischen Feldes ; der Poyntingsche Satz und der komplexe Poyntingsche Vektor . . . . .	22
Aufgaben . . . . .	25
Literatur . . . . .	28
<u>3. Die Maxwellschen Gleichungen in homogenen Medien</u> . . . . .	30
3.1 Direkte Entkopplung . . . . .	30
3.2 Die elektrodynamischen Potentiale . . . . .	31
3.2.1 Vektorpotential und skalares Potential . . . . .	33
3.2.2 Hertzscher Vektor . . . . .	35
3.2.3 Fitzgeraldscher Vektor . . . . .	37
3.2.4 Zur Darstellung des elektromagnetischen Feldes durch zwei skalare Potentiale. . . . .	39
Aufgaben . . . . .	39
Literatur . . . . .	41
<u>4. Die Maxwellschen Gleichungen in inhomogenen Medien</u> . . . . .	42
4.1 Allgemeine Betrachtungen . . . . .	42
4.2 Die Separation nach Bromwich . . . . .	43
Aufgaben . . . . .	50
Literatur . . . . .	50

<b>5. Spezielle Lösungen der Maxwellischen Gleichungen . . . . .</b>	<b>52</b>
5.1 Separation der Wellengleichung in kartesischen Koordinaten . . . . .	52
5.2 Die ebene Welle . . . . .	53
5.2.1 Die ebene Welle im Vakuum . . . . .	54
5.2.2 Harmonische ebene Wellen . . . . .	58
5.3 Ebene harmonische Wellen in verlustbehafteten Medien . . . . .	60
5.4 Das skalare Potential einer raumfesten, zeitlich veränderlichen Punkt- ladung . . . . .	62
5.5 Die retardierten Potentiale . . . . .	64
5.5.1 Die Dirac- oder Delta-Funktion . . . . .	64
5.5.2 Retardiertes und avanciertes Potential . . . . .	67
Aufgaben . . . . .	69
Literatur . . . . .	71
<b>6. Phasen-, Gruppen- und Signalgeschwindigkeit . . . . .</b>	<b>72</b>
6.1 Phasen- und Gruppengeschwindigkeit . . . . .	72
6.2 Signalgeschwindigkeit . . . . .	75
Aufgaben . . . . .	80
Literatur . . . . .	81
<b>7. Eindeutigkeitsfragen . . . . .</b>	<b>83</b>
7.1 Grundlösungen der Schwingungsgleichung . . . . .	83
7.2 Die Sommerfeldschen Ausstrahlungsbedingungen für die skalare Schwingungsgleichung . . . . .	88
7.3 Das Huygenssche Prinzip . . . . .	92
7.4 Bestimmung des elektromagnetischen Feldes im homogenen Raum bei vorgegebenen stetigen Quellen im Endlichen . . . . .	98
7.5 Die Ausstrahlungsbedingungen von C. Müller für die Feldgrößen . . . . .	102
7.6 Physikalische Diskussion der Müllerschen Ausstrahlungsbedingungen . . . . .	110
7.7 Zusammenhang von Sommerfeldschen und Müllerschen Ausstrahlungs- bedingungen . . . . .	112
7.8 Eindeutigkeitssätze . . . . .	113
Aufgaben . . . . .	116
Literatur . . . . .	117
<b>8. Das Grenzwertproblem und die Fresnelsche Reflexion . . . . .</b>	<b>118</b>
8.1 Einfallendes elektrisches Feld senkrecht zur Einfallsebene . . . . .	120
8.2 Einfallendes magnetisches Feld senkrecht zur Einfallsebene . . . . .	123
8.3 Spezialfälle des Einfallswinkels . . . . .	125
8.3.1 Senkrechter Einfall . . . . .	125
8.3.2 Streifender Einfall . . . . .	125
8.4 Reflexion und Brechung an dielektrischen Medien . . . . .	126
Aufgaben . . . . .	132
Literatur . . . . .	134

<b>9. Einfache Strahlungsquellen und Antennenbegriffe . . . . .</b>	<b>135</b>
9.1 Der elektrische oder Hertzsche Dipol . . . . .	135
9.1.1 Berechnung des elektromagnetischen Feldes . . . . .	135
9.1.2 Diskussion der Hertzschen Lösung . . . . .	138
9.2 Der harmonische elektrische Dipol . . . . .	142
9.2.1 Das Strahlungsfeld . . . . .	142
9.2.2 Strahlungsleistung und Strahlungswiderstand . . . . .	143
9.3 Der magnetische oder Fitzgeraldsche Dipol . . . . .	146
9.4 Der harmonische magnetische Dipol . . . . .	151
9.4.1 Das Strahlungsfeld . . . . .	151
9.4.2 Strahlungsleistung und Strahlungswiderstand . . . . .	152
9.5 Die Strahlung einer dünnen linearen Antenne; der $\lambda/2$ -Dipol . . . . .	153
9.6 Der Antennengewinn . . . . .	158
9.7 Die Absorptions- oder Wirkfläche einer Antenne . . . . .	159
9.7.1 Die Definition der Wirkfläche im Empfangsfall . . . . .	159
9.7.2 Die Wirkfläche im Sendefall . . . . .	162
9.8 Der Radar- oder Rückstreuquerschnitt . . . . .	165
Aufgaben . . . . .	167
Literatur . . . . .	168
<b>10. Die Ausbreitung ultrakurzer Wellen . . . . .</b>	<b>169</b>
10.1 Einleitende Bemerkungen . . . . .	169
10.2 Die UKW-Ausbreitung als Beugungsproblem . . . . .	172
10.3 Die Ausbreitung im freien Raum . . . . .	173
10.4 Die Ausbreitung auf optische Sicht . . . . .	175
10.5 Das Rayleigh-Kriterium für rauhe Erdoberfläche . . . . .	180
10.6 Die Abrahamsche Lösung . . . . .	181
10.7 Erde und Atmosphäre . . . . .	182
10.7.1 Allgemeine Bemerkungen . . . . .	182
10.7.2 Der Brechungsindex der Troposphäre . . . . .	185
10.8 Geometrisch-optische Betrachtungen . . . . .	186
10.8.1 Zusammenhang zwischen Strahlkrümmung und Brechungsindexgradient . . . . .	186
10.8.2 Modifizierter Brechungsindex und Brechungsmodul . . . . .	188
10.8.3 Der äquivalente Erdradius . . . . .	193
10.8.4 Die Strahlenoptik als Hochfrequenznäherung . . . . .	193
10.9 Die troposphärische Streuung . . . . .	198
10.10 Ausbreitung über ebener Erde in homogener und inhomogener Atmosphäre . . . . .	201
10.11 Ausbreitung über kugelförmiger Erde in homogener und inhomogener Atmosphäre . . . . .	203
10.12 Die Bedeutung der Theorie der UKW-Ausbreitung . . . . .	205
Aufgaben . . . . .	205
Literatur . . . . .	206

<u>11. Die Ausbreitung von Langwellen</u> . . . . .	209
11.1 Die Ionosphäre. . . . .	209
11.2 Wellenausbreitung in der Ionosphäre . . . . .	215
11.3 Reflexion und Brechung elektromagnetischer Wellen an der Ionosphäre . . . . .	216
11.3.1 Reflexion bei niedrigen Frequenzen. . . . .	216
11.3.2 Reflexion bei hohen Frequenzen . . . . .	217
Aufgaben . . . . .	219
Literatur . . . . .	220
<u>12. Oberflächenwellen und Leckwellen</u> . . . . .	221
12.1 Einleitende Bemerkungen. . . . .	221
12.2 Die Zenneck-Welle als Beispiel einer Oberflächenwelle . . . . .	222
12.2.1 Die normale Zenneck-Welle. . . . .	222
12.2.2 Die radial-zylindrische Zenneck-Welle . . . . .	225
12.2.3 Diskussion der Oberflächenwellenbedingung . . . . .	228
12.3 Der Einfluß der Oberfläche auf die Oberflächenwelle . . . . .	230
12.4 Die Anregung von Oberflächenwellen . . . . .	234
12.5 Leckwellen . . . . .	234
Aufgaben . . . . .	236
Literatur . . . . .	236
<u>13. Anhang</u> . . . . .	238
13.1 Die wichtigsten Formeln der Vektorrechnung . . . . .	238
13.1.1 Vektoren und ihre Komponenten . . . . .	238
13.1.2 Rechenoperationen . . . . .	239
13.1.3 Anwendungen der Produktregeln . . . . .	242
13.1.4 Differentiation eines Vektors nach einem skalaren Parameter . .	243
13.1.5 Skalarfelder und Vektorfelder . . . . .	245
13.1.6 Der Gradient. . . . .	246
13.1.7 Die Divergenz . . . . .	247
13.1.8 Die Rotation . . . . .	249
13.1.9 Rechenregeln für Differentialoperatoren . . . . .	252
13.2 Die Landauschen Symbole $\circ$ und $\circ$ . . . . .	253
13.3 Maxwellsche Gleichungen und Helmholtzsche Schwingungsgleichung in verschiedenen Koordinaten. . . . .	253
13.3.1 Kartesische Koordinaten . . . . .	253
13.3.2 Zylinderkoordinaten . . . . .	254
13.3.3 Kugelkoordinaten . . . . .	255
<u>Symbolverzeichnis</u> . . . . .	257
<u>Sachverzeichnis</u> . . . . .	260