

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| 1. Schwingkreise, Zweipole, Koppelfilter (H. BRUNSWIG; G. DITTMER; R. W. LORENZ; K. H. VÖGE; O. ZINKE) . . . . .               | 1  |
| 1.1 Zeigerdiagramme von Spulen und Kondensatoren mit Verlusten (O. ZINKE) . . .  | 1  |
| 1.2 Parallel- und Serienresonanzkreise . . . . .   | 3  |
| 1.2.1 Verlustfrei angenommene Resonanzkreise (K. H. VÖGE; O. ZINKE) . . . .  | 3  |
| 1.2.2 Verlustbehaftete Kreise (K. H. VÖGE; O. ZINKE) . . . . .   | 5  |
| 1.2.2.1 Resonanzkreise mit einem Verlustwiderstand . . . . .   | 5  |
| 1.2.3 Resonanzkreise mit mehreren Verlustwiderständen (G. DITTMER; O. ZINKE)   | 11 |
| 1.2.4 Mehrfachspeiseschaltung aus konzentrierten Elementen (H. BRUNSWIG) . .   | 14 |
| 1.3 Kopplungsbandfilter in Übertragungssystemen (R. W. LORENZ) . . . . .   | 15 |
| 1.3.1 Zweikreisige Kopplungsbandfilter . . . . .   | 16 |
| 1.3.1.1 Analytische Berechnung zweikreisiger Kopplungsfilter . . . . .   | 16 |
| 1.3.1.2 Dimensionierung zweikreisiger Kopplungsfilter . . . . .  | 20 |
| 1.3.2 Anpassungsschaltungen . . . . .  | 23 |
| 1.3.3 Mehrkreisige Kopplungsbandfilter . . . . .   | 24 |
| 1.3.3.1 Der normierte Tiefpaß . . . . .  | 24 |
| 1.3.3.2 Entnormierung . . . . .  | 27 |
| 1.3.3.3 Tiefpaß-Bandpaßtransformation . . . . .  | 27 |
| 1.3.3.4 Negativgyrator und Entwicklung der Kopplungsbandfilter . . . .   | 28 |
| 1.3.4 Verluste in Reaktanzfiltern . . . . .  | 31 |
| 1.3.5 Anwendungsbereich aktiver Filterschaltungen . . . . .  | 31 |
| 1.4 Schrifttum . . . . .   | 32 |
| 2. Ausbreitung von Lecher-Wellen auf Leitungen und Kabeln (A. VLCEK; O. ZINKE) . . .   | 33 |
| 2.1 Ableitung der Leitungsgleichungen (O. ZINKE) . . . . .   | 34 |
| 2.1.1 Differentialgleichungen für Strom und Spannung in Abhängigkeit von Ort und Zeit . . . . .                                | 34 |
| 2.1.2 Lösung der Differentialgleichung für rein sinusförmige Vorgänge . . . . .  | 36 |
| 2.1.3 Exakte Darstellung der Dämpfungs- und Phasenkonstante. Phasengeschwindigkeit . . . . .                                   | 38 |
| 2.1.4 Leitungswellenwiderstand. Frequenzabhängigkeit von $R'$ , $G'$ , $L'$ und $Z_L$ . .                                      | 40 |
| 2.1.5 Strom- und Spannungsverteilung auf der Leitung . . . . .   | 45 |
| 2.1.6 Eingangswiderstand und Reflexionsfaktor. Welligkeits- und Anpassungsfaktor . . . . .                                     | 47 |
| 2.2 Verlustlos angenommene Leitungsabschnitte. Strom- und Spannungsverteilung. „Leitungsdiagramme“. Reflexionsfaktor . . . . . | 49 |
| 2.2.1 Strom- und Spannungsverteilung (O. ZINKE) . . . . .  | 49 |
| 2.2.2 Eingangswiderstand und Reflexionsfaktor (O. ZINKE) . . . . .   | 50 |
| 2.2.3 Leitungsdiagramme (A. VLCEK) . . . . .   | 52 |
| 2.2.3.1 Das Leitungsdiagramm erster Art (BUSCHBECK-Diagramm) . . . . .   | 52 |
| 2.2.3.2 Das Leitungsdiagramm zweiter Art (SMITH-Diagramm) . . . . .  | 54 |
| 2.2.4 Anwendungsbeispiele für Leitungsdiagramme (A. VLCEK) . . . . .   | 58 |
| 2.3 Offene bzw. kurzgeschlossene Leitungen mit Berücksichtigung der Dämpfung. . .  | 61 |
| 2.3.1 Strom- und Spannungsverteilung offener und kurzgeschlossener Leitungen (O. ZINKE) . . . . .                              | 61 |
| 2.3.2 Eingangswiderstand offener und kurzgeschlossener Leitungen (O. ZINKE)  | 63 |
| 2.3.3 Leitungsresonatoren, $\lambda/4$ -Leitungen als Resonatoren (O. ZINKE) . . . . .   | 65 |
| 2.3.4 Bestimmung des Hochfrequenzwiderstandes von Leitern (O. ZINKE) . . .   | 67 |
| 2.3.5 Bauformen von Leitungsresonatoren (A. VLCEK) . . . . .   | 71 |
| 2.4 Schrifttum . . . . .   | 76 |

|  |     |
|--|-----|
| 3. Hochfrequenztransformatoren und Symmetrierglieder (K. MAYER; R. W. LORENZ; O. ZINKE) . . . . .  | 77  |
| 3.1 Hochfrequenztransformatoren. Übersicht. (O. ZINKE) . . . . .   | 77  |
| 3.1.1 Wicklungstransformatoren (O. ZINKE) . . . . .  | 78  |
| 3.1.2 Resonanztransformatoren aus konzentrierten Elementen (R. W. LORENZ) . . . . .  | 79  |
| 3.1.3 Leitungstransformatoren aus homogenen verlustarmen Leitungen (K. MAYER) . . . . .  | 81  |
| 3.1.3.1 Einstufige Transformatoren mit $\lambda/4$ -Leitung . . . . .  | 81  |
| 3.1.3.2 Mehrstufige Transformatoren mit $\lambda/4$ -Leitungen . . . . .   | 82  |
| 3.1.3.3 Kompensierte $\lambda/4$ -Transformatoren . . . . .  | 89  |
| 3.1.4 Transformation mit inhomogenen verlustarmen Leitungen . . . . .  | 92  |
| 3.1.4.1 Mathematische Beschreibung der inhomogenen Leitung (O. ZINKE) . . . . .  | 92  |
| 3.1.4.2 Exponentialleitung und TSCHEBYSCHEFF-Leitung als Beispiel von inhomogenen Leitungen (K. MAYER) . . . . .   | 94  |
| 3.1.4.3 Kompensierte inhomogene Leitungen (K. MAYER) . . . . .   | 97  |
| 3.1.4.4 Cosinus-Quadrat-Leitung und Radialleitung (O. ZINKE) . . . . .   | 99  |
| 3.2 Übergang zwischen symmetrischen und unsymmetrischen Leitungen (O. ZINKE) . . . . .   | 100 |
| 3.2.1 Symmetrierübertrager mit Wicklungen . . . . .  | 103 |
| 3.2.2 Symmetrierübertrager aus Leitungselementen . . . . .   | 103 |
| 3.2.2.1 Sperrtöpfe . . . . .   | 103 |
| 3.2.2.2 Symmetriertöpfe und Symmetrierschleifen . . . . .  | 104 |
| 3.2.2.3 Schlitzübertrager . . . . .  | 106 |
| 3.2.2.4 $\lambda/2$ -Umwegleitung . . . . .  | 109 |
| 3.3 Schrifttum . . . . .   | 110 |
| 4. Eigenschaften und Dimensionierung von Koaxialkabeln, symmetrischen Leitungen und Streifenleitungen (F. ARNDT; R. BRIECHLE; R. W. LORENZ; R. RAUSKOLB; O. ZINKE) . . . . . | 112 |
| 4.1 Einführung (O. ZINKE) . . . . .  | 112 |
| 4.2 Begriff des Feldwellenwiderstandes (O. ZINKE) . . . . .  | 112 |
| 4.3 Zusammenhang zwischen Leitungswellenwiderstand und anderen Größen . . . . .  | 113 |
| 4.3.1 Leitungswellenwiderstand und Feldwellenwiderstand. Feldbild (O. ZINKE) . . . . .   | 113 |
| 4.3.2 Leitungswellenwiderstand und Kapazitätsbelag (O. ZINKE) . . . . .  | 114 |
| 4.3.3 Leitungswellenwiderstand und Induktivitätsbelag (O. ZINKE) . . . . .   | 115 |
| 4.3.4 Ableitungs- und Widerstandsbelag (O. ZINKE) . . . . .  | 116 |
| 4.3.5 Anwendungsbeispiel für die Kästchenmethode (R. W. LORENZ) . . . . .  | 117 |
| 4.4 Übertragene Leistung und Leistungsdichte (O. ZINKE) . . . . .  | 118 |
| 4.5 Spannungsbeanspruchung, Leitungsdämpfung und Wärmebegrenzung bei Leitungskabeln (O. ZINKE) . . . . .   | 119 |
| 4.6 Optimale Koaxialkabel (O. ZINKE) . . . . .   | 121 |
| 4.6.1 Wellenwiderstand des Koaxialkabels . . . . .   | 121 |
| 4.6.2 Kabel minimaler Dämpfung . . . . .   | 121 |
| 4.6.3 Kabel größter Spannungsfestigkeit . . . . .  | 122 |
| 4.6.4 Kabel bester Leistungsübertragung . . . . .  | 123 |
| 4.7 Koaxiale Reusenleitung (O. ZINKE) . . . . .  | 124 |
| 4.8 Die Doppelleitung (O. ZINKE) . . . . .   | 125 |
| 4.8.1 Das elektrostatische Feld der symmetrischen Doppelleitung . . . . .  | 125 |
| 4.8.2 Wellenwiderstand der symmetrischen Doppelleitung . . . . .   | 127 |
| 4.8.3 Widerstands- und Dämpfungsbelag der symmetrischen Doppeldrahtleitung . . . . .   | 128 |
| 4.8.4 Die Doppelbandleitung . . . . .  | 129 |
| 4.8.5 Feldstärke in größerer Entfernung von der Doppelleitung . . . . .  | 129 |
| 4.9 Offene Doppelleitungen mit optimalen Eigenschaften (O. ZINKE; R. RAUSKOLB) . . . . .   | 130 |
| 4.9.1 Die Doppelleitung kleinster Dämpfung . . . . .   | 130 |
| 4.9.2 Die Doppelleitung größter Spannungsfestigkeit . . . . .  | 131 |
| 4.9.3 Die Doppelleitung bester Leistungsübertragung . . . . .  | 132 |
| 4.10 Geschirmte symmetrische Doppelleitungen mit optimalen Eigenschaften (R. RAUSKOLB; O. ZINKE) . . . . .   | 133 |
| 4.10.1 Die elektrostatische Nachbildung der geschirmten Doppelleitung . . . . .  | 133 |
| 4.10.2 Geschirmte Doppelleitung kleinster Dämpfung . . . . .   | 134 |
| 4.10.3 Geschirmte Doppelleitung größter Spannungsfestigkeit . . . . .  | 135 |
| 4.10.4 Geschirmte Doppelleitung bester Leistungsübertragung . . . . .  | 136 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.11 Koaxiale Kabelübergänge (O. ZINKE) . . . . .  | 137 |
| 4.11.1 Der Sprungübergang . . . . .  | 137 |
| 4.11.2 Konusleitung und Konusübergang . . . . .  | 138 |
| 4.11.3 Kreisbogen- oder Toroidübergang . . . . .   | 140 |
| 4.12 Streifenleitungen (R. BRIECHLE) . . . . .   | 142 |
| 4.12.1 Anwendung . . . . .   | 142 |
| 4.12.2 Bauarten und Wellenwiderstände . . . . .  | 142 |
| 4.12.2.1 Geschirmte Streifenleitung (Stripline) . . . . .  | 142 |
| 4.12.2.2 Unsymmetrische, offene Streifenleitung (Microstrip) . . . . .   | 142 |
| 4.12.3 Übergänge zwischen Streifen- und Koaxialleitungen . . . . .   | 144 |
| 4.13 Mehrleitersysteme, Entkopplung, Richtkoppler (F. ARNDT) . . . . .   | 145 |
| 4.13.1 Voraussetzungen. Differentialgleichungen von Leitersystemen . . . . .   | 145 |
| 4.13.2 Gleich- und Gegentaktsystem . . . . .   | 146 |
| 4.13.3 Kopplung zwischen Nachbarleitungen (Nebensprechen) . . . . .  | 148 |
| 4.13.4 Richtkoppler . . . . .  | 149 |
| 4.13.4.1 Definitionen beim Richtkoppler . . . . .  | 149 |
| 4.13.4.2 Die Streumatrix des Richtkopplers . . . . .   | 150 |
| 4.13.4.3 Konstante Kopplung . . . . .  | 151 |
| 4.13.4.4 Ortsabhängige Kopplung . . . . .  | 151 |
| 4.14 Schrifttum . . . . .  | 154 |
| 5. Feldmäßige Darstellung der Ausbreitung längs Wellenleitern (R. W. LORENZ; B. REM-BOLD; A. VLCEK; O. ZINKE) . . . . .                  | 156 |
| 5.1 MAXWELLSche Feldgleichungen (A. VLCEK) . . . . .   | 156 |
| 5.1.1 Wellengleichungen für $E$ und $H$ , die elektrodynamischen Potentiale $A$ und $\phi$ . . . . .                                     | 158 |
| 5.1.2 MAXWELLSche Feldgleichungen in Komponentendarstellung . . . . .  | 160 |
| 5.1.2.1 Spezialisierung auf den Fall harmonischer Vorgänge . . . . .   | 160 |
| 5.1.3 Feldwellengleichungen für die axialen Komponenten $E_z$ und $H_z$ und die Gleichungen für die restlichen Feldkomponenten . . . . . | 162 |
| 5.1.4 Grenzbedingungen für die elektrischen und magnetischen Feldgrößen . . . . .  | 163 |
| 5.1.5 Poyntingscher Vektor und Poyntingscher Satz . . . . .  | 163 |
| 5.2 Beziehungen zwischen Feldtheorie und Leitungstheorie. Kritik der Leitungsgleichungen für Leitungen vom Lechertyp . . . . .           | 165 |
| 5.2.1 TEM-Wellen (R. W. LORENZ) . . . . .  | 166 |
| 5.2.2 Berücksichtigung der Leiterverluste (R. W. LORENZ) . . . . .   | 168 |
| 5.2.3 Gegenüberstellung der Lecher-, Leitungs- und TEM-Wellen (R. W. LORENZ) . . . . .   | 172 |
| 5.2.4 Zusammenhang zwischen Feld- und Leitungsgrößen (O. ZINKE) . . . . .  | 172 |
| 5.2.5 Der Gleichverteilungssatz (O. ZINKE) . . . . .   | 174 |
| 5.3 Ebene Wellen im unbegrenzten, homogenen Medium (A. VLCEK) . . . . .  | 175 |
| 5.3.1 Homogene ebene Welle, TEM-Welle . . . . .  | 175 |
| 5.3.2 TE-Wellen (H-Wellen) und TM-Wellen (E-Wellen) . . . . .  | 180 |
| 5.3.3 Reflexions- und Brechungsgesetze . . . . .   | 181 |
| 5.4 Dielektrische Wellenleiter (A. VLCEK) . . . . .  | 187 |
| 5.4.1 Dielektrische Plattenleiter . . . . .  | 187 |
| 5.4.2 Kreiszyklindrische, dielektrische Wellenleiter . . . . .   | 194 |
| 5.5 Oberflächenwellenleiter (A. VLCEK) . . . . .   | 198 |
| 5.5.1 Dielektrisch beschichtete Metallplatte . . . . .   | 199 |
| 5.5.2 Dielektrisch beschichteter Metalldraht . . . . .   | 199 |
| 5.6 Metallische Wellenleiter für höhere Feldtypen (A. VLCEK) . . . . .   | 200 |
| 5.6.1 Die Zweiplattenleitung . . . . .   | 201 |
| 5.6.2 Der Rechteckhohlleiter . . . . .   | 202 |
| 5.6.3 Der Rundhohlleiter . . . . .   | 206 |
| 5.6.4 Verallgemeinerte Leitungsgleichungen. Hohlleiterersatzbilder und Wirkdämpfung der Hohlleiterwellen . . . . .                       | 210 |
| 5.6.5 Koaxialleitung mit höheren Feldtypen . . . . .   | 218 |
| 5.7 Bauelemente der Hohlleitertechnik (A. VLCEK) . . . . .   | 219 |
| 5.7.1 Verzweigungsschaltungen für Rechteckhohlleiter . . . . .   | 219 |
| 5.7.2 Metallische Blenden und Stifte in Hohlleitern . . . . .  | 223 |
| 5.7.3 Hohlleiter mit inhomogenem dielektrischem Stoffeinsatz . . . . .   | 224 |
| 5.7.4 Hohlraumresonatoren . . . . .  | 225 |

|  |     |
|--|-----|
| 5.8 Wellenausbreitung in gyromagnetischen Medien (richtungsabhängige Bauelemente, Ferrite und Granate) (B. REMBOLD) . . . . .                        | 228 |
| 5.8.1 Grundlagen . . . . .   | 228 |
| 5.8.1.1 Die richtungsabhängige Permeabilität $\ \mu\ $ . . . . .   | 228 |
| 5.8.1.2 Wellenausbreitung in vormagnetisierten Ferriten . . . . .  | 231 |
| 5.8.2 Anwendung bei nichtreziproken Bauelementen . . . . .   | 233 |
| 5.8.2.1 Zirkulatoren (Richtungsablenker) . . . . .   | 233 |
| 5.8.2.2 Einwegleitungen (Richtungsleitungen) . . . . .   | 236 |
| 5.9 Wellenausbreitung in einem Plasma mit magnetischem Gleichfeld (gyromagnetische Eigenschaften der Ionosphäre) (B. REMBOLD) . . . . .              | 237 |
| 5.9.1 Grundlagen . . . . .   | 237 |
| 5.9.2 Wellenausbreitung . . . . .  | 238 |
| 5.10 Schrifttum . . . . .  | 240 |
| 6. Elektromagnetische Strahlung und Antennen (G. ALBERT; H. BOTTENBERG; H. BRUNSWIG; H. HESS; R. W. LORENZ; O. ZINKE) . . . . .                      | 243 |
| 6.1 Grundbegriffe der Strahlung . . . . .  | 243 |
| 6.1.1 Feldgleichungen und Strahlungscharakteristik des Hertzischen Dipols (O. ZINKE) . . . . .   | 243 |
| 6.1.2 Der Rahmen als gespeister magnetischer Dipol (O. ZINKE) . . . . .  | 249 |
| 6.1.3 Hertzscher Dipol und Rahmenantenne als Empfangsantennen (H. BRUNSWIG) . . . . .  | 250 |
| 6.1.4 Polarisation (H. BRUNSWIG) . . . . .   | 251 |
| 6.1.5 Strahlungsdichte, Strahlungsleistung, Strahlungswiderstände (O. ZINKE) . . . . .   | 252 |
| 6.1.6 Antennensysteme. Multiplikatives Gesetz (O. ZINKE) . . . . .   | 254 |
| 6.1.7 Richtfaktor. Gewinn. Wirkfläche (R. W. LORENZ) . . . . .   | 255 |
| 6.1.8 Grundgesetze der Strahlungskopplung (O. ZINKE) . . . . .   | 259 |
| 6.1.9 Umkehrsatz (Reziprozitätssatz) für Sende- und Empfangsantennen (O. ZINKE) . . . . .  | 259 |
| 6.2 Antennen mit einer größten Ausdehnung von etwa einer Wellenlänge . . . . .   | 260 |
| 6.2.1 Fernfeldstärke einer beliebig langen Vertikalantenne über Erde (O. ZINKE) . . . . .  | 260 |
| 6.2.2 Elektrisch kurze Antennen $\left(l \geq \frac{\lambda}{8}\right)$ über Erde (Mittel- und Langwellenantennen) (H. BRUNSWIG; O. ZINKE) . . . . . | 261 |
| 6.2.2.1 Feldstärke und Strahlungswiderstand . . . . .  | 261 |
| 6.2.2.2 Erdwiderstände. Antennenwirkungsgrad . . . . .   | 262 |
| 6.2.2.3 Effektive Höhe elektrisch kurzer Antennen . . . . .  | 263 |
| 6.2.2.4 Anpassung elektrisch kurzer Antennen. $X_F$ -Schaltung . . . . .   | 263 |
| 6.2.2.5 Verlängerung elektrisch kurzer Antennen . . . . .  | 264 |
| 6.2.3 $\lambda/4$ - und $\lambda/2$ -Antenne über Erde (O. ZINKE) . . . . .  | 265 |
| 6.2.4 Schwundmindernde Antennen $\left(l \geq \frac{\lambda}{2}\right)$ über Erde (H. BRUNSWIG) . . . . .  | 268 |
| 6.2.5 Symmetrischer Dipol im freien Raum (O. ZINKE) . . . . .  | 269 |
| 6.2.6 Rahmenantennen. Ringantennen (H. BRUNSWIG) . . . . .   | 270 |
| 6.2.7 Spiegelung vertikaler und horizontaler Antennen an der Erde (O. ZINKE) . . . . .   | 272 |
| 6.2.8 Rundstrahlantennen mit horizontaler Polarisation (H. BRUNSWIG) . . . . .   | 273 |
| 6.2.9 Reflektoren. Directoren (H. BRUNSWIG; O. ZINKE) . . . . .  | 274 |
| 6.2.10 Übergewinnantennen (Supergain Antennas) (G. ALBERT) . . . . .   | 276 |
| 6.2.11 Babinet's Prinzip. Komplementäre Antennen (H. BOTTENBERG) . . . . .   | 281 |
| 6.2.12 Schlitzantennen (H. BRUNSWIG; O. ZINKE) . . . . .   | 282 |
| 6.3 Stark bündelnde Antennen mit Ausdehnungen groß zur Wellenlänge . . . . .   | 283 |
| 6.3.1 Langdrahtantennen (H. BRUNSWIG) . . . . .  | 283 |
| 6.3.2 Rhombusantennen (H. BRUNSWIG) . . . . .  | 284 |
| 6.3.3 Richtantennen mit Dipolgruppen (H. BRUNSWIG; O. ZINKE) . . . . .   | 285 |
| 6.3.4 Komplementäre und logarithmisch-periodische Strukturen als Breitbandantennen (H. HESS; O. ZINKE) . . . . .                                     | 289 |
| 6.3.5 Antennen mit elektrischer Diagrammschwenkung (Phased Arrays) (G. ALBERT) . . . . .   | 293 |
| 6.3.6 Vertikal bündelnde, horizontal polarisierte Rundstrahler (H. BRUNSWIG) . . . . .   | 296 |
| 6.3.7 Kreisgruppenantennen (H. BRUNSWIG) . . . . .   | 297 |
| 6.3.8 Dielektrische Antennen als Längsstrahler (O. ZINKE) . . . . .  | 297 |
| 6.3.9 Wendelantennen als Längsstrahler mit Zirkularpolarisation (O. ZINKE) . . . . .   | 298 |
| 6.4 Aperturstrahler bzw. Flächenstrahler (Hornstrahler, Spiegel und Doppelspiegel, Linsenantennen) (H. HESS) . . . . .                               | 299 |
| 6.4.1 Prinzipien der Aperturstrahler . . . . .   | 299 |

|  |            |
|--|------------|
| 6.4.1.1 Geometrische Optik und ihre Grenzen . . . . .  | 299        |
| 6.4.1.2 Beugungstheorie . . . . .  | 300        |
| 6.4.1.3 Zusammenhang zwischen Aperturbelegung und Fernfeldcharakteristik . . . . .           | 303        |
| 6.4.2 Horn und Trichterstrahler . . . . .  | 305        |
| 6.4.3 Spiegelantennen (Parabolspiegel, Hornparabol, Muschelantenne, Radarantennen) . . . . . | 305        |
| 6.4.3.1 Parabolspiegel . . . . .   | 305        |
| 6.4.3.2 Hornparabol und Muschelantenne . . . . .   | 306        |
| 6.4.3.3 Radarantennen . . . . .  | 307        |
| 6.4.4 Doppelspiegelsysteme (Cassegrain- und Gregory-Systeme) . . . . .                       | 307        |
| 6.4.5 Erreger für Spiegelantennen . . . . .  | 308        |
| 6.4.6 Linsenantennen . . . . .   | 309        |
| 6.4.6.1 Verzögerungslinsen . . . . .   | 309        |
| 6.4.6.2 Luneburg-Linse . . . . .   | 310        |
| 6.4.6.3 Beschleunigungslinsen . . . . .  | 310        |
| 6.4.7 Umlenkantennen und Radarziele . . . . .  | 311        |
| 6.4.8 Antennen für Radioteleskope und Interferometer . . . . .                               | 312        |
| 6.5 Schrifttum . . . . .   | 313        |
| <b>Anhang (A. VLCEK) . . . . .</b>   | <b>317</b> |
| <b>A. Einführung in einige Begriffe der Vektorrechnung . . . . .</b>                         | <b>317</b> |
| A.1 Der Feldbegriff . . . . .  | 317        |
| A.2 Der Gradient . . . . .   | 317        |
| A.3 Die Divergenz . . . . .  | 320        |
| A.4 Die Rotation . . . . .   | 322        |
| A.5 Der Gaußsche und der Stokessche Integralsatz . . . . .                                   | 324        |
| A.6 Zweite Ableitungen . . . . .   | 324        |
| <b>Sachverzeichnis . . . . .</b>   | <b>326</b> |

## Inhalt des zweiten Bandes

|   |
|---|
| 7. Elektronenröhren und Halbleiter                    |
| 8. Störungen und Rauschen                             |
| 9. Verstärker   |
| 10. Oszillatoren                                      |
| 11. Mischung (Frequenz-Umsetzung und -Vervielfachung) |
| 12. Modulation, Tastung, Demodulation                 |