

Inhalt

Vorwort — V

Zum Inhalt von Band III — VII

Danksagung — IX

Symbolverzeichnis Band III — XVI

| | |
|----------|---|
| 1 | Elektrostatik — 1 |
| 1.1 | Coulombsches Gesetz, Elementarladung, elektrisches Feld — 3 |
| 1.1.1 | Coulombsches Gesetz — 3 |
| 1.1.2 | Elektrische Ladung — 5 |
| 1.1.3 | Elektrisches Feld und elektrische Feldstärke — 8 |
| 1.2 | Elektrischer Fluss, Gaußsches Gesetz — 12 |
| 1.2.1 | Elektrischer Fluss — 12 |
| 1.2.2 | Gaußsches Gesetz — 13 |
| 1.2.3 | Anwendungsbeispiele — 15 |
| 1.3 | Elektrostatisches Potenzial — 18 |
| 1.4 | Der elektrische Dipol — 26 |
| 1.4.1 | Multipole — 26 |
| 1.4.2 | Der elektrische Dipol — 29 |
| 1.4.3 | Der Dipol im elektrischen Feld — 33 |
| 1.4.4 | Der elektrische Quadrupol — 36 |
| 1.5 | Influenz, Kondensator, gespeicherte elektrische Energie — 38 |
| 1.5.1 | Influenz — 38 |
| 1.5.2 | Der Kondensator (<i>Capacitor</i>) — 42 |
| 1.5.3 | Im elektrischen Feld gespeicherte Energie — 47 |
| 1.6 | Das elektrische Feld im Dielektrikum — 51 |
| 1.6.1 | Die dielektrische Polarisation — 52 |
| 1.6.2 | Bestimmungsgleichung des elektrischen Feldes im Medium — 62 |
| 1.6.3 | Die elektrische Feldenergie im Dielektrikum — 65 |
| 1.7 | Zusammenhang der elektrostatischen und mechanischen Bestimmungsgleichungen — 67 |
| 1.7.1 | Elektrostatik als Fernwirkungstheorie — 67 |
| 1.7.2 | Elektrostatik als Nahwirkungstheorie — 68 |
| 1.7.3 | Elektrostatik in Substanzen — 69 |
| 1.7.4 | Bestimmungsgleichungen des elektrischen Feldes bei gegebener Ladungsverteilung — 70 |
| | Zusammenfassung — 71 |

| | |
|----------|--|
| Anhang 1 | Die Clausius-Mosotti-Gleichung — 77 |
| Anhang 2 | Elektrisches Feld an Grenzflächen — 81 |
| A2.1 | Grenzfläche zwischen Dielektrika — 81 |
| A2.2 | Feldkomponenten auf einer Leiteroberfläche — 85 |
| Anhang 3 | Der elektrische Quadrupoltensor — 87 |
| 2 | Stationäre elektrische Ströme — 91 |
| 2.1 | Der elektrische Strom — 91 |
| 2.1.1 | Der Strom als Ladungstransport — 91 |
| 2.1.2 | Wirkung und Richtung des elektrischen Stromes — 94 |
| 2.1.3 | Die Kontinuitätsgleichung — 95 |
| 2.1.4 | Driftgeschwindigkeit und elektrischer Widerstand — 96 |
| 2.1.5 | Stromleistung und Joulesche Wärme — 102 |
| 2.2 | Einfache Schaltkreise — 103 |
| 2.2.1 | Ohmscher Widerstand und Spannungsteiler — 103 |
| 2.2.2 | Aufladung und Entladung eines Kondensators — 105 |
| 2.2.3 | Die Kirchhoffschen Regeln — 110 |
| 2.2.4 | Serien- und Parallelschaltung von Widerständen, Widerstandsvergleich in der Wheatstone Brücke — 111 |
| 2.2.5 | Schaltung von Strom- und Spannungsmessern — 113 |
| 2.2.6 | „Eingeprägte Kraft“: EMK und EKL; Innenwiderstand von Spannungsquellen — 114 |
| 2.3 | Mechanismen der Stromleitung — 118 |
| 2.3.1 | Festkörper: Leiter und Halbleiter — 118 |
| 2.3.2 | Leitungsmechanismen in Flüssigkeiten (Elektrolyse); Faraday-Gesetze — 120 |
| 2.3.3 | Stromleitung in Gasen und im Vakuum — 122 |
| | Zusammenfassung — 126 |
| 3 | Statische Magnetfelder (Magnetfeld stationärer Ströme) — 133 |
| 3.1 | Die Lorentz-Kraft — 136 |
| 3.1.1 | Die Kraft auf bewegte Ladungen im Magnetfeld — 136 |
| 3.1.2 | Magnetische Feldlinien — 139 |
| 3.1.3 | Magnetischer Fluss und magnetisches Gaußsches Gesetz — 141 |
| 3.1.4 | Gekreuztes elektrisches und magnetisches Feld — 142 |
| 3.1.4.1 | Bestimmung der <i>spezifischen Ladung</i> e/m des Elektrons nach J. J. Thomson, Massenspektrometer — 142 |
| 3.1.4.2 | Hall-Effekt — 146 |
| 3.1.4.3 | Zyklotron und Synchrozyklotron, Synchrotron — 149 |
| 3.1.5 | Stromdurchflossener Leiter und Leiterschleife im Magnetfeld, magnetischer Dipol — 153 |
| 3.2 | Das Magnetfeld stationärer Ströme — 160 |

| | |
|----------|--|
| 3.2.1 | Das Gesetz von Biot-Savart — 160 |
| 3.2.2 | Beispiele für Feldberechnungen — 162 |
| 3.2.2.1 | Langer gerader Leiter — 162 |
| 3.2.2.2 | Kreisbogen, Kreisschleife, ideale Spule — 164 |
| 3.2.3 | Das Amperesche Gesetz (Durchflutungsgesetz, Verkettungsgesetz, <i>Ampere's circuital law</i>) — 165 |
| 3.2.4 | Beispiele für Magnetfeldberechnungen — 168 |
| 3.2.4.1 | Magnetfeld einer langen Spule (Solenoid) — 168 |
| 3.2.4.2 | Magnetfeld eines Toroids — 171 |
| 3.2.5 | Die stromdurchflossene Leiterschleife als magnetischer Dipol — 172 |
| 3.2.6 | Das Vektorpotenzial — 177 |
| 3.3 | Elektromagnetisches Feld und Relativitätsprinzip — 179 |
| 3.3.1 | Kraft zwischen parallelen, stromdurchflossenen Leitern — 179 |
| 3.3.2 | Kraft zwischen bewegten Ladungen — 181 |
| 3.3.3 | Das elektrische Feld einer bewegten Ladung — 182 |
| 3.3.4 | Ablenkung eines Elektronenstrahls im Magnetfeld eines zum Strahl parallelen, stromdurchflossenen Leiters — 190 |
| 3.3.5 | Die Transformationsgleichungen des elektromagnetischen Feldes — 201 |
| 3.3.6 | Das Biot-Savart-Gesetz als relativistisches Coulomb-Gesetz — 205 |
| 3.3.7 | Parallel zueinander bewegte Ladungen — 207 |
| 3.4 | Magnetismus der Materie — 209 |
| 3.4.1 | Magnetisierung und magnetische Suszeptibilität — 209 |
| 3.4.2 | Das magnetische Moment von Atomen — 217 |
| 3.4.3 | Diamagnetismus — 219 |
| 3.4.4 | Paramagnetismus — 221 |
| 3.4.5 | Ferromagnetismus — 223 |
| 3.4.6 | Antiferro- und Ferrimagnete — 230 |
| 3.5 | Rückblick auf statische Felder — 232 |
| | Zusammenfassung — 235 |
| Anhang 1 | Magnetfeld innerhalb und außerhalb eines stromdurchflossenen, geraden Leiters — 242 |
| Anhang 2 | Lorentz-Transformation von Impuls, Energie und Kraft — 243 |
| Anhang 3 | Gaußsche Methode der Bestimmung des magnetischen Moments eines Stabmagneten und der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes — 248 |
| 4 | Zeitlich veränderliche Felder und Maxwell Gleichungen — 253 |
| 4.1 | Faradaysches Induktionsgesetz — 254 |
| 4.2 | Selbstinduktion, Gegeninduktion, Energie des elektromagnetischen Feldes — 262 |
| 4.2.1 | Selbstinduktion — 262 |

| | |
|----------|--|
| 4.2.2 | Schaltvorgang im <i>LR-Kreis</i> — 265 |
| 4.2.3 | Gegeninduktion (<i>mutual induction</i>) — 268 |
| 4.2.4 | Die Energie des elektromagnetischen Feldes — 269 |
| 4.3 | Induzierte Magnetfelder — 271 |
| 4.4 | Die Maxwell-Gleichungen — 277 |
| | Zusammenfassung — 279 |
| Anhang 1 | Der Maxwellsche Verschiebungsstrom (Maxwellsche Ergänzung, <i>displacement current</i>) — 284 |

| | |
|----------|--|
| 5 | Wechselstromkreis und elektromagnetische Schwingungen und Wellen — 289 |
| 5.1 | Der Wechselstromkreis — 290 |
| 5.1.1 | Nur rein ohmscher Widerstand R im Kreis — 290 |
| 5.1.2 | Wechselstromleistung am ohmschen Widerstand, Effektivwert, Zeigerdiagramm — 291 |
| 5.1.3 | Nur eine Spule mit Induktivität L im Kreis — 294 |
| 5.1.4 | Nur ein Kondensator mit Kapazität C im Kreis — 298 |
| 5.1.5 | Der $R-L$ - und der $R-C$ -Kreis — 301 |
| 5.1.6 | Der $L-C-R$ Serien-Kreis — 306 |
| 5.1.7 | Wechselstromleistung bei Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung — 310 |
| 5.1.8 | Der Transformator — 314 |
| 5.2 | Der elektromagnetische Schwingkreis — 317 |
| 5.2.1 | Der freie, ungedämpfte Schwingkreis — 317 |
| 5.2.2 | Gedämpfte Schwingung im freien $L-C-R$ -Kreis — 320 |
| 5.2.3 | Erzwungene Schwingung — 324 |
| 5.2.3.1 | Serienschwingkreis (Spannungsresonanz) — 324 |
| 5.2.3.2 | Parallelschwingkreis (Stromresonanz) — 329 |
| 5.3 | Der „offene“ Schwingkreis = Hertzscher Dipol — 333 |
| 5.4 | Die Abstrahlung einer beschleunigten Ladung — 342 |
| 5.5 | Elektromagnetische Wellen — 344 |
| 5.5.1 | Rückblick auf den Maxwellschen Verschiebungsstrom (= Maxwellsche Ergänzung) und die Ladungserhaltung (Kontinuitätsgleichung) — 344 |
| 5.5.2 | Die Wellengleichung — 346 |
| 5.5.3 | Ebene elektromagnetische Wellen — 348 |
| 5.5.4 | Energietransport, Impulstransport und Drehimpuls einer elektromagnetischen Welle — 355 |
| 5.5.5 | Wellenausbreitung auf Leitungen — 362 |
| 5.5.6 | Das elektromagnetische Spektrum — 369 |
| | Zusammenfassung — 372 |
| Anhang 1 | Der Transformator — 378 |

| | |
|---------------------|---|
| A1.1 | Unbelasteter, idealer Eisentransformator — 378 |
| A1.2 | Belastung der Sekundärspule mit einer Impedanz \bar{Z} — 379 |
| Anhang 2 | Zur Synchrotronstrahlung — 382 |
| Anhang 3 | Übertragung von Drehimpuls durch eine elektromagnetische Welle — 386 |
| A3.1 | Übertragung von Drehimpuls durch eine elektromagnetische Welle auf frei bewegliche Metallelektronen in einem klassischen Modell — 386 |
| A3.2 | Übertragung von Drehimpuls durch eine elektromagnetische Welle auf Moleküle mit Dipolmoment in einem klassischen Modell — 390 |
| Anhang 4 | Lösung der Telegraphengleichung — 392 |
| Literatur — 401 | |
| Register — 403 | |