

# Inhalt

1	<b>Das statische elektrische Feld</b> —— 1
1.1	Die elektrische Ladung —— 1
1.2	Das Coulombsche Gesetz —— 2
1.2.1	Die Dielektrizitätskonstante —— 3
1.2.2	Superpositionsprinzip —— 3
1.3	Die elektrische Feldstärke —— 4
1.3.1	Das elektrische Feld der Punktladung —— 6
1.3.2	Kräfte auf einen elektrischen Dipol —— 8
1.4	Das elektrische Potential —— 10
1.4.1	Potentielle Energie im elektrischen Feld —— 10
1.4.2	Konservatives Feld —— 12
1.4.3	Elektrische Potentialfunktion und Spannung —— 13
1.4.4	Elektrisches Potential und Feldstärke —— 15
1.4.5	Das Potential der Punktladung —— 17
1.4.6	Das Feld des elektrischen Dipols —— 18
1.5	Das Feld kontinuierlicher Ladungsverteilungen —— 21
1.6	Das Gaußsche Gesetz – Elektrische Flussdichte —— 29
1.6.1	Vektorfluss —— 29
1.6.2	Die elektrische Flussdichte —— 30
1.6.3	Anwendung des Gaußschen Gesetzes —— 33
1.7	Materie im elektrischen Feld —— 36
1.7.1	Leiter – Influenz —— 36
1.7.2	Dielektrische Materie —— 40
1.7.3	Verhalten von E und D an Grenzflächen —— 44
1.8	Die Kapazität —— 47
1.8.1	Der Plattenkondensator —— 49
1.8.2	Zusammenschaltung von Kondensatoren —— 52
1.9	Die Energie im elektrischen Feld —— 54
1.10	Kraft an Grenzflächen —— 57
1.10.1	Leitfähige Oberflächen —— 58
1.10.2	Dielektrische Grenzflächen —— 62
1.11	Übungsaufgaben —— 64
2	<b>Das stationäre elektrische Strömungsfeld</b> —— 71
2.1	Stromflussmechanismen —— 71
2.2	Strom und Stromdichte —— 74
2.3	Das Ohmsche Gesetz —— 76
2.3.1	Der elektrische Widerstand —— 77
2.3.2	Direkte Berechnung des Widerstandes —— 80

2.3.3	Beziehung zwischen Widerstand und Kapazität — 81
2.4	Die elektrische Leistung — 82
2.5	Ströme an Grenzflächen — 89
2.6	Gleichstromnetzwerke — 91
2.6.1	Der Kirchhoffsche Knotensatz — 91
2.6.2	Der Kirchhoffsche Maschensatz — 92
2.6.3	Berechnung komplexer Netzwerke — 95
2.7	Übungsaufgaben — 98
3	Das statische magnetische Feld — 103
3.1	Die magnetische Kraft — 103
3.2	Die magnetische Flussdichte — 104
3.3	Ampèresches Kraftgesetz — 106
3.4	Magnetisches Dipolmoment — 108
3.5	Die Lorentzkraft — 111
3.5.1	Bewegung eines geladenen Teilchens im Magnetfeld — 112
3.5.2	Der Hall-Effekt — 113
3.5.3	Die relativistische Natur des Magnetismus — 115
3.6	Das Gesetz von Biot – Savart — 118
3.7	Ampèresches Durchflutungsgesetz - Magnetische Erregung — 124
3.7.1	Die Zirkulation des magnetostatischen Feldes — 124
3.7.2	Anwendung des Ampèreschen Durchflutungsgesetzes — 127
3.8	Das Magnetfeld einfacher Leiteranordnungen — 130
3.8.1	Doppelleitung — 130
3.8.2	Kreisförmige Leiterschleife — 134
3.8.3	Zylinderspule (Solenoid) — 134
3.8.4	Ringspule (Toroid) — 136
3.9	Energie im magnetischen Feld — 137
3.9.1	Der magnetische Fluss — 140
3.9.2	Die Induktivität — 142
3.10	Materie im magnetischen Feld — 146
3.10.1	Permanentmagnete — 150
3.10.2	Verhalten von H und B an Grenzflächen — 151
3.10.3	Kraft auf Grenzflächen — 154
3.11	Der magnetische Kreis — 158
3.12	Anwendungen der magnetischen Kraftwirkung — 165
3.12.1	Gleichstrommotor — 165
3.12.2	Elektrodynamischer Lautsprecher — 166
3.13	Übungsaufgaben — 168

4	Zeitveränderliche elektromagnetische Felder — 175
4.1	Elektromagnetische Induktion — 175
4.1.1	Das Faradaysche Induktionsgesetz — 179
4.1.2	Ausnahmen von der Flussregel — 183
4.1.3	Die Lenzsche Regel – Energieerhaltung — 185
4.1.4	Die Wirbelstrombremse — 189
4.2	Die Selbstinduktion des elektrischen Kreises — 191
4.3	Die Gegeninduktion zwischen elektrischen Kreisen — 193
4.4	Der Übertrager — 198
4.4.1	Der ideale Übertrager — 199
4.4.2	Der reale Übertrager ohne Verluste — 202
4.4.3	Hystereseverluste im magnetischen Kreis — 205
4.4.4	Wirbelstromverluste in magnetischen Kreisen — 208
4.4.5	Der verlustbehaftete Übertrager — 212
4.5	Die Grundgleichungen des elektromagnetischen Feldes — 213
4.5.1	Der Ladungserhaltungssatz — 213
4.5.2	Der elektrische Verschiebungsstrom — 216
4.5.3	Die Maxwell-Gleichungen — 220
4.5.4	Elektromagnetische Wellen — 224
4.5.5	Elektrische Netzwerke — 230
4.6	Übungsaufgaben — 236
A.	Mathematische Grundlagen und Formeln — 243
A.1	Skalar- und Vektorfeld — 243
A.1.1	Skalarfeld — 243
A.1.2	Vektorfeld — 244
A.2	Vektoralgebra — 244
A.2.1	Skalarprodukt — 246
A.2.2	Kreuzprodukt (Vektorprodukt, äußeres Produkt) — 246
A.3	Integralrechnung im Raum — 247
A.3.1	Linienintegral — 247
A.3.2	Oberflächenintegral (Vektorfluss) — 249
A.3.3	Volumenintegral — 251
A.4	Koordinatensysteme — 253
A.4.1	Kartesisches Koordinatensystem — 253
A.4.2	Zylinderkoordinatensystem — 254
A.4.3	Kugelkoordinatensystem — 256
A.5	Übungsaufgaben — 257
B.	Lösungen zu den Aufgaben — 261
B.1	Das statische elektrische Feld — 261
B.2	Das stationäre Strömungsfeld — 263

**XII — Inhalt**

<b>B.3</b>	<b>Das statische magnetische Feld — 266</b>
<b>B.4</b>	<b>Zeitabhängige elektromagnetische Felder — 268</b>
<b>B.5</b>	<b>Mathematische Grundlagen — 272</b>
Literaturverzeichnis — 261	
Register — 275	