

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Elektrostatische Felder | 1 |
| 1.1 | Wesen des elektrostatischen Feldes | 5 |
| 1.1.1 | Elektrische Ladung | 5 |
| 1.1.2 | Elektrostatisches Feld | 6 |
| 1.1.3 | Grundlegende Beobachtungsbefunde: Das Coulomb- sche Gesetz | 8 |
| 1.1.4 | Die elektrische Feldstärke \vec{E} | 11 |
| 1.2 | Verhalten der Leiter im elektrostatischen Feld | 15 |
| 1.3 | Elektrische Spannung und Potential | 18 |
| 1.3.1 | Arbeit und elektrische Spannung | 18 |
| 1.3.2 | Wegunabhängigkeit der elektrostatischen Spannung | 19 |
| 1.3.3 | Das elektrische Potential φ | 22 |
| 1.4 | Die Erregung des elektrostatischen Feldes | 26 |
| 1.4.1 | Die elektrische Verschiebungsflusddichte \vec{D} | 26 |
| 1.4.2 | Der Gaußsche Satz der Elektrostatik | 27 |
| 1.4.3 | Das Materialgesetz der Elektrostatik | 29 |
| 1.5 | Feldstärke und Potential spezieller Ladungsverteilun- gen | 31 |
| 1.5.1 | Feldstärke und Potential einer Punktladung | 32 |
| 1.5.2 | Feldstärke und Potential einer gleichmäßig geladenen (Metall-) Kugel | 33 |
| 1.5.3 | Feldstärke einer weit ausgedehnten Metallebene | 35 |
| 1.5.4 | Feldstärke von zwei parallelen, geladenen Platten | 37 |
| 1.5.5 | Feldstärke und Potential einer Linienladung | 38 |
| 1.6 | Zusammenfassung der Grundgesetze der Elektrosta- tik | 41 |
| 1.6.1 | Allgemeine Gesetze | 41 |
| 1.6.2 | Materialgesetze | 42 |
| 1.6.3 | Bedingungen an Grenzflächen | 43 |
| 1.7 | Die Kapazität | 47 |
| 1.7.1 | Definition der Kapazität, technische Anwendungen | 47 |
| 1.7.2 | Parallel- und Reihenschaltungen von Kapazitäten | 49 |
| 1.7.3 | Die Kapazität spezieller Anordnungen | 53 |
| 1.7.4 | Zusammenfassung der meist angewendeten Kapazi- täten | 77 |
| 1.8 | Energie und Kräfte im elektrostatischen Feld | 80 |
| 1.8.1 | Elektrische Energie und Energiedichte | 80 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 1.8.2 | Kräfte im elektrostatischen Feld, Prinzip der virtuellen Verschiebung | 83 |
| 1.8.3 | Kräfte auf freie Ladungen; Strahlablenkung | 86 |
| 2 | Stationäre elektrische Felder | 91 |
| 2.1 | Wesen des elektrischen Strömungsfeldes | 93 |
| 2.2 | Die Grundgesetze des elektrischen Strömungsfeldes | 95 |
| 2.2.1 | Die elektrische Stromdichte \vec{S} , Kontinuität | 95 |
| 2.2.2 | Wegunabhängigkeit der elektrischen Spannung U ... | 98 |
| 2.2.3 | Das Materialgesetz der Strömungsfelder | 99 |
| 2.2.4 | Das Gesetz über die Energiewandlung in Leitern | 102 |
| 2.2.5 | Zusammenfassung; Analogie mit der Elektrostatik .. | 103 |
| 2.3 | Widerstandsberechnung bei inhomogenen Feldern .. | 104 |
| 2.3.1 | Unterschiedliche Querschnitte der Stromfäden | 104 |
| 2.3.2 | Länge der Stromfäden oder κ unterschiedlich | 106 |
| 2.4 | Berechnung elektrischer Strömungsfelder | 109 |
| 2.4.1 | Homogene Felder | 109 |
| 2.4.2 | Inhomogenes Zylinderfeld | 111 |
| 2.4.3 | Inhomogenes Kugelfeld | 118 |
| 2.4.4 | Allgemeiner Lösungsweg | 123 |
| 3 | Stationäre Magnetfelder | 125 |
| 3.1 | Wesen des Magnetfeldes | 127 |
| 3.1.1 | Ursachen: Dauermagnete, Ströme | 127 |
| 3.1.2 | Grundlegende Beobachtungsbefunde: Kräfte zwischen parallelen Leitern | 128 |
| 3.2 | Magnetfeld von Leitern in der Luft | 149 |
| 3.2.1 | Die Experimente von Biot und Savart | 149 |
| 3.2.2 | Die Formel von Biot und Savart | 151 |
| 3.2.3 | Gültigkeitsbereich der Biot–Savartschen Formel | 152 |
| 3.2.4 | Magnetfelder spezieller Leiteranordnungen | 153 |
| 3.3 | Das Durchflutungsgesetz | 173 |
| 3.3.1 | Das Gesetz; magnetische Spannung, Durchflutung .. | 173 |
| 3.3.2 | Anwendung des Durchflutungsgesetzes | 178 |
| 3.3.3 | Erweitertes Durchflutungsgesetz | 188 |
| 3.4 | Der magnetische Fluss; Kontinuität des Flusses | 190 |
| 3.4.1 | Der Gaußsche Satz des Magnetfeldes | 190 |
| 3.5 | Das magnetische Verhalten materieller Körper | 196 |
| 3.5.1 | Das Materialgesetz | 196 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.5.2 | Klassifizierung | 197 |
| 3.5.3 | Magnetisierungskennlinie, Hysteresekurve | 197 |
| 3.5.4 | Diskussion über die Sättigung | 200 |
| 3.6 | Zusammenfassung der Grundgesetze der stationären Magnetfelder | 201 |
| 3.6.1 | Allgemeine Gesetze und Materialgesetz | 201 |
| 3.6.2 | Bedingungen an Grenzflächen | 202 |
| 3.7 | Der magnetische Kreis | 206 |
| 3.7.1 | Definition und Klassifizierung | 206 |
| 3.7.2 | Einige technische Anwendungen der Magnetkreise .. | 207 |
| 3.7.3 | Berechnungsmethoden für lineare Magnetkreise | 215 |
| 3.7.4 | Magnetkreise mit Dauermagneten | 226 |
| 3.7.5 | Nichtlineare Magnetkreise | 238 |
| 3.7.6 | Kräfte auf hochpermeable Eisenflächen | 243 |
| 3.7.7 | Die Rolle ferromagnetischer Teile bei der Entstehung der Magnetkraft | 247 |
| 4 | Zeitlich veränderliche magnetische Felder | 259 |
| 4.1 | Induktionswirkung und Induktionsgesetz | 261 |
| 4.1.1 | Die Experimente von Faraday | 261 |
| 4.1.2 | Lenzsche Regel | 264 |
| 4.1.3 | Kraft auf bewegte Ladungen im Magnetfeld | 265 |
| 4.1.4 | Das Induktionsgesetz in einfacher Form | 267 |
| 4.1.5 | Andere Formen des Induktionsgesetzes | 272 |
| 4.1.6 | Die Maxwellschen Gleichungen | 273 |
| 4.1.7 | Wie wendet man das Induktionsgesetz an? Beispiele | 274 |
| 4.2 | Induktivitäten | 289 |
| 4.2.1 | Selbstinduktion; Induktivität | 289 |
| 4.2.2 | Induktivität spezieller Anordnungen | 291 |
| 4.2.3 | Gegeninduktivität magnetisch gekoppelter Spulen .. | 298 |
| 4.3 | Energie und Kräfte im Magnetfeld | 306 |
| 4.3.1 | Magnetische Energie und Energiedichte | 306 |
| 4.3.2 | Berechnung von Kräften über die Magnetenergie ... | 309 |
| 4.3.3 | Zusammenfassung aller Kraftwirkungen im Magnet- feld | 309 |
| A | Nummerische Methoden zur Feldberechnung .. | 317 |
| A.1 | Rechenmethoden für Magnetfelder, Überblick | 319 |
| A.1.1 | Analytische Methoden | 319 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| A.1.2 | Halb-empirische Methoden | 320 |
| A.1.3 | Nummerische Verfahren..... | 320 |
| A.2 | Finite-Elemente-Methode zur Berechnung von Magnetfeldern | 321 |
| A.2.1 | Kurze Beschreibung, Vergleich..... | 321 |
| A.2.2 | Diskretisierung, Auslegung des Gitternetzes..... | 324 |
| A.2.3 | Berücksichtigung von Nichtlinearitäten | 324 |
| A.2.4 | Was kann man von einem FE-Programm noch erwarten? | 325 |
| A.3 | Aufstellung eines Rechenmodells | 326 |
| A.4 | Worauf soll der Anwender besonders achten? | 328 |
| A.5 | Besonderheiten der Feldbilder..... | 330 |
| | Literaturverzeichnis | 335 |
| | Index | 339 |