

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 Verschiebungsflussdichte \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 Ladungsverteilungen	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 Elektrostatik	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 Kapazitäten	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 Magnet- feldern	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 erwar- ten?	325
A.3	Aufstellung eines Rechenmodells	326
A.4	Worauf soll der Anwender besonders achtgeben?....	328
A.5	Besonderheiten der Feldbilder.....	330
Literaturverzeichnis		335
Index		339