

## Inhaltsverzeichnis:

Adolf J. Schwab

### Begriffswelt der Feldtheorie

ISBN: 3-540-42018-5

<b>1. Elementare Begriffe elektrischer und magnetischer Felder</b> .....	1
1.1. Feldstärke, Fluss und Flussdichte von Vektorfeldern.....	4
1.1.1. Elektrisches Vektorfeld E .....	4
1.1.2. Magnetisches Feld H .....	9
1.1.3. Strömungsfeld J.....	11
1.2. Materialgleichungen – Grenzflächenbedingungen .....	12
<b>2. Arten von Vektorfeldern</b> .....	17
2.1. Elektrische Quellenfelder .....	17
2.2. Elektrische und magnetische Wirbelfelder .....	21
2.3. Allgemeine Vektorfelder .....	22
<b>3. Feldtheorie-Gleichungen</b> .....	25
3.1. Maxwellsche Gleichungen in Integralform.....	26
3.1.1. Induktionsgesetz in Integralform (Faradaysches Gesetz) <i>Wirbelstärke</i> elektrischer Wirbelfelder .....	27
3.1.2. Durchflutungsgesetz in Integralform (Ampèresches Gesetz) <i>Wirbelstärke</i> magnetischer Wirbelfelder .....	29
3.1.3. Gaußsches Gesetz des elektrischen Felds <i>Quellenstärke</i> elektrischer Felder .....	35
3.1.4. Gaußsches Gesetz des magnetischen Felds <i>Quellenstärke</i> magnetischer Felder .....	36
3.2. Kontinuitätsgesetz in Integralform <i>Quellenstärke</i> elektrischer Strömung .....	37
3.3. Maxwellsche Gleichungen in Differentialform .....	42
3.3.1. Induktionsgesetz in Differentialform <i>Wirbeldichte</i> elektrischer Wirbelfelder .....	43
3.3.2. Durchflutungsgesetz in Differentialform <i>Wirbeldichte</i> magnetischer Wirbelfelder .....	46
3.3.3. Divergenz des elektrischen Felds <i>Quellendichte</i> elektrischer Felder .....	48
3.3.4. Divergenz des magnetischen Felds <i>Quellendichte</i> magnetischer Felder .....	50
3.4. Kontinuitätsgesetz in Differentialform <i>Quellendichte</i> elektrischer Strömung .....	51
3.5. Analyse von Vektorfeldern bezüglich ihrer Wirbel- und Quellennatur .....	54
3.6. Die Maxwellschen Gleichungen in komplexer Schreibweise.....	58
3.7. Integralsätze von Stokes und Gauß.....	59
3.8. Netzwerkmodell des Induktionsvorgangs.....	60
<b>4. Potentialfunktion, Gradient, Potentialgleichung</b> .....	65
4.1. Potentialfunktion und Potential eines elektrostatischen Felds.....	68
4.2. Ermittlung der Potentialfunktion ausgewählter Ladungsverteilungen .....	73
4.2.1. Potentialfunktion einer Punktladung außerhalb des Ursprungs .....	73

4.2.2. Potentialfunktion einer Linienladung .....	75
4.2.3. Potentialfunktion einer allgemeinen Ladungskonfiguration .....	77
4.3. Gradient eines Potentialfelds .....	79
4.4. Potentialgleichungen.....	84
4.4.1. Potentialgleichungen für raumladungsfreie Felder.....	84
4.4.2. Potentialgleichungen für raumladungsbehaftete Felder.....	87
4.4.3. Integraloperator $\Delta^{-1}$ .....	90
4.5. Elektrisches Vektorpotential.....	96
4.6. Vektorpotential des Strömungsfelds .....	98
<b>5. Potential und Potentialfunktion magnetischer Felder .....</b>	<b>101</b>
5.1. Magnetisches Skalarpotential .....	101
5.2. Potentialgleichung des magnetischen Skalarpotentials .....	106
5.3. Magnetisches Vektorpotential .....	107
5.4. Potentialgleichung des magnetischen Vektorpotentials .....	113
<b>6. Einteilung elektrischer und magnetischer Felder .....</b>	<b>117</b>
6.1. Stationäre Felder .....	121
6.1.1. Elektrostatische Felder .....	121
6.1.2. Magnetostatische Felder .....	122
6.1.3. Statisches Strömungsfeld (Gleichstrom-Strömungsfeld) .....	123
6.2. Quasistationäre Felder.....	127
6.2.1. Quasistatische elektrische Felder .....	127
6.2.2. Quasistatische magnetische Felder.....	129
6.2.3. Quasistatische Strömungsfelder.....	131
6.2.4. Strömungsfelder mit Stromverdrängung.....	131
6.3. Nichtstationäre Felder – Elektromagnetische Wellen.....	137
6.3.1. Wellengleichung .....	137
6.3.2. Retardierte Potentiale .....	142
6.3.3. Hertzsche Potentiale.....	149
6.3.4. <i>Energiedichte</i> elektrischer und magnetischer Felder <i>Energieflussdichte</i> elektromagnetischer Wellen .....	151
<b>7. Integraloperatoren <math>\text{div}^{-1}</math>, <math>\text{rot}^{-1}</math>, <math>\text{grad}^{-1}</math> .....</b>	<b>153</b>
7.1. Integraloperator $\text{div}^{-1}$ .....	154
7.2. Integraloperator $\text{rot}^{-1}$ .....	157
7.3. Integraloperator $\text{grad}^{-1}$ .....	159
7.4. Berechnung eines allgemeinen Vektorfelds $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ .....	159
<b>8. Spannungs- und Stromgleichungen langer Leitungen .....</b>	<b>161</b>
<b>9. Typische Differentialgleichungen der Elektrodynamik bzw. der mathematischen Physik .....</b>	<b>173</b>
9.1. Verallgemeinerte Telegraphengleichung.....	173
9.2. Telegraphengleichung mit $a, b > 0$ ; $c = 0$ .....	174
9.3. Telegraphengleichung mit $a > 0$ ; $b = 0$ ; $c = 0$ .....	175
9.4. Telegraphengleichung mit $b > 0$ ; $a = 0$ ; $c = 0$ .....	177
9.5. Helmholtz-Gleichung.....	178
9.6. Schrödinger Gleichung.....	182
9.7. Lorentz-Invarianz der Maxwellschen Gleichungen.....	184
<b>10. Numerische Feldberechnung .....</b>	<b>193</b>
10.1. Finite-Elemente-Methode.....	194
10.2. Differenzenverfahren.....	209

10.3. Ersatzladungsverfahren .....	214
10.4. Boundary-Elemente-Methode .....	217
10.5. Momenten-Methode .....	219
10.6. Monte-Carlo-Methode .....	224
10.7. Allgem. Bemerkungen zur numerischen Feldberechnung.....	226
<b>Anhang</b> .....	<b>229</b>
A1 Einheiten der verwendeten Größen .....	229
A2 Skalar und Vektorintegrale .....	231
A3 Vektoroperationen in speziellen Koordinatensystemen .....	232
A4 Die inversen Operatoren $\text{rot}^{-1}$ , $\text{div}^{-1}$ und $\text{grad}^{-1}$ .....	237
A5 Komplexe Darstellung sinusförmiger Größen .....	244
A6 Lorentz-Eichung und Coulomb-Eichung.....	246
A6.1 Stromdichten einer Dipolantenne im nichtstationären Fall.....	247
A6.2 Wellengleichung des magnetischen Vektorpotentials in der Cou- lomb-Eichung.....	249
A6.3 Abschließende Bemerkungen.....	253
<b>Aufgabenteil</b> .....	<b>257</b>
<b>1. Elementare Begriffe elektrischer und magnetischer Felder</b> .....	<b>259</b>
1.1. Skalarfelder .....	259
1.2. Vektorfelder.....	260
1.3. Fluss als Oberbegriff.....	262
1.4. Geschichtete Dielektrika .....	265
<b>2. Arten von Vektorfeldern</b> .....	<b>271</b>
2.1. Gradienten-, Quellen- und Wirbelfelder.....	271
<b>3. Feldtheorie-Gleichungen</b> .....	<b>273</b>
3.1. Induktionsgesetz .....	273
3.2. Induktionsspannung.....	275
3.3. Wirbelfelder .....	277
3.4. Durchflutungsgesetz; Induktivität .....	278
3.5. Durchflutungsgesetz; Feldstärkeverlauf.....	281
3.6. Magnetische Umlaufspannung.....	283
3.7. Magnetischer Fluss.....	284
3.8. Magnetischer Kreis .....	286
3.9. Satz vom Hüllenfluss: Kapazität.....	288
3.10. Satz vom Hüllenfluss: Feldstärke und Potential .....	289
3.11. Induktionsgesetz in Differentialform .....	291
3.12. Integral- und Differentialform des Gaußschen Satzes .....	292
3.13. Wirbeldichte des magnetischen Feldes.....	293
3.14. Integralsatz von Gauß.....	295
<b>4. Gradient, Potential, Potentialfunktion</b> .....	<b>297</b>
4.1. Potentialverteilung im Dielektrikum einer Koaxialleitung.....	297
4.2. Elektrisches Potential und elektrische Feldstärke .....	302
<b>5. Potential und Potentialfunktion magnetostatischer Felder</b> .....	<b>307</b>
5.1. Magnetfeld eines gleichstromdurchflossenen Leiters .....	307
5.2. Magnetfeld einer Zweidrahtleitung .....	312
5.3. Feldgrößen einer Koaxialleitung .....	313
<b>6. Berechnung von Feldern aus ihren Quellen- und Wirbeldichten</b> .....	<b>321</b>

6.1. Quellenfeld.....	321
6.2. Wirbelfeld.....	323
<b>7. Einteilung elektrischer und magnetischer Felder .....</b>	<b>325</b>
7.1. Stationäre Felder: Gleichstromfeld.....	325
7.2. Quasistationäre Felder: Stromverdrängung .....	327
7.3. Stromverdrängung im Rundleiter .....	332
7.4. Die schirmende Wirkung von Wirbelströmen .....	333
7.5. Elektromagnetische Wellenfelder.....	339
7.6. Helmholtz-Gleichung.....	340
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>347</b>
<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>353</b>