

# Inhaltsverzeichnis

<b>Schreibweise und Formelzeichen der wichtigsten Größen</b> . . . . .	10
<b>1. Felder und Feldintegrale</b> . . . . .	15
1.1. Skalar- und Vektorfelder . . . . .	15
1.1.1. Feldgrößen und Felder . . . . .	15
Physikalische Feldgrößen. Skalare und Vektoren. Komplexe Feldgrößen. Feld- und Ortsvektoren. Zusammenfassung. Tensorfelder	
1.1.2. Koordinatensysteme . . . . .	22
Ortskoordinaten. Umrechnung von Ortskoordinaten. Ortskoordinatenlinien. Koordinatenflächen. Erzeugung von Koordinatensystemen. Spezielle Koordinatensysteme. Zusammenfassung	
1.1.3. Orts- und Tangentenvektor . . . . .	36
Ortsvektor. Tangenten- und Basisvektor. Metrische Koeffizienten. Koordinatenelemente. Änderung des Koordinatensystems	
1.1.4. Felddarstellung . . . . .	42
Skalarfeld. Vektorfeld. Quellen- und Wirbelfelder. Schreibweise. Koordinatendarstellung. Spezielle Felder. Umrechnung von Vektorfeldern. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 1.1.	
1.2. Feldintegrale . . . . .	49
1.2.1. Linienintegrale . . . . .	50
Raumkurve. Skalares Linienintegral. Koordinatendarstellung. Beispiel. Vektoriell Linienintegral	
1.2.2. Flächenintegral . . . . .	55
Raumfläche. Skalares Flächenintegral. Koordinatendarstellung. Beispiel. Raumwinkel. Vektoriell Flächenintegral	
1.2.3. Volumenintegral . . . . .	60
Räumlicher Bereich. Volumenintegral. Koordinatendarstellung. Beispiel. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 1.2.	
<b>2. Theorie der Felder</b> . . . . .	66
2.1. Differentialoperatoren und Integralsätze I . . . . .	66
2.1.1. Skalares Feld. Gradient . . . . .	66
Gradient. Eigenschaften des Gradienten. 1. Integralsatz von <i>Gauß</i> . Taylor-Entwicklung	
2.1.2. Vektorfeld. Divergenz . . . . .	73
Divergenz. Eigenschaften der Divergenz. Beispiele. 2. Integralsatz von <i>Gauß</i> . Taylor-Entwicklung	
2.1.3. Vektorfeld. Rotation . . . . .	77
Rotation. Eigenschaften der Rotation. 3. Integralsatz von <i>Gauß</i> . Beispiele	
2.1.4. Integralsätze von <i>Stokes</i> . . . . .	81
1. Integralsatz von <i>Stokes</i> . 2. Integralsatz von <i>Stokes</i> . Anwendungen. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 2.1.	
2.2. Differentialoperatoren und Integralsätze II . . . . .	86
2.2.1. Nabla- und Laplace-Operator . . . . .	86
Nabla-Operator. Laplace-Operator. Harmonische Funktion. Vektorieller Laplace-Operator	

2.2.2. Rechenregeln . . . . .	89
Allgemeine Grundregeln. Regeln für Produktfelder. Formeln für den Ortsvektor. $\delta$ -Funktion. Rechenregeln	
2.2.3. Greensche Integralsätze . . . . .	95
Stetige Feldfunktionen. Unstetige Feldfunktionen. Greensche Integralsätze für Vektorfelder. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 2.2.	
<b>3. Elektromagnetische Felder . . . . .</b>	<b>102</b>
3.1. Allgemeine Grundeigenschaften . . . . .	102
3.1.1. Grundgleichungen. Stoffeigenschaften . . . . .	102
Maxwellsche Gleichungen. Isotrope Stoffe. Anisotrope Stoffe	
3.1.2. Strom und Ladung . . . . .	104
Kontinuitätsgleichung. Relaxationszeit	
3.1.3. Bedingungen an Grenzflächen . . . . .	107
Normalkomponenten. Tangentialkomponenten	
3.1.4. Feldenergie . . . . .	109
Poyntingscher Satz. Energiedichte	
3.1.5. Einteilung der Felder . . . . .	111
Stationäre Felder. Nichtstationäre Felder. Wirbelfreie Felder. Einteilung. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 3.1.	
3.2. Wirbelfreie Felder . . . . .	116
3.2.1. Grundeigenschaften . . . . .	116
Grundgleichungen. Skalarpotential. Eindeutigkeit	
3.2.2. Potential wirbelfreier Felder . . . . .	119
Poissonsche Differentialgleichung. Eindeutigkeit. Zusammenfassung	
3.2.3. Lösung der Poissonschen Gleichung . . . . .	122
Partikuläre Lösung. Greensche und Neumannsche Funktion. Differentialgleichung der Funktionen $G$ und $N$ . Inverser Laplace-Operator	
3.2.4. Lösung der Laplaceschen Gleichung . . . . .	128
Randwertaufgaben der Potentialtheorie. Separation der Variablen	
3.2.5. Lösung in kartesischen Koordinaten . . . . .	130
Separation. Anpassung an die Randwerte	
3.2.6. Lösung in Zylinder- und Kugelkoordinaten . . . . .	134
Kreiszyylinderkoordinaten. Kugelkoordinaten	
3.2.7. Zweidimensionale Felder . . . . .	138
Methode. Konforme Abbildung. Zusammenfassung. Lösungsmethoden Aufgaben zum Abschnitt 3.2.	
<b>4. Elektrostatik . . . . .</b>	<b>144</b>
4.1. Felder ohne Randbedingungen (Newton-Potentiale) . . . . .	144
4.1.1. Feldgrößen . . . . .	144
Grundgleichungen der Elektrostatik. Newton-Potentiale. Berechnungsmöglichkeiten des Newton-Potentials (Übersicht)	
4.1.2. Elementare Ladungsverteilungen . . . . .	147
Kugel- und Punktladung (Methode 1). Kugel- und Punktladung, Linienladung (Methode 2). Ringladung	
4.1.3. Überlagerung von Elementarfeldern (Methode 3) . . . . .	153
Überblick. Feld zweier Punktladungen. Dipol. Feld mehrerer Punktladungen. Doppelschicht. Stetigkeitseigenschaften der Flächenpotentiale	
4.1.4. Entwicklung nach Elementarfeldern (Methode 4) . . . . .	163
Reihenentwicklung. Physikalische Deutung. Beispiel	
4.1.5. Ergänzungen . . . . .	166
Kelvin-Transformation. Funktionaltransformation. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 4.1.	

4.2. Felder mit konstanten Randbedingungen	168
4.2.1. Spiegelungsmethode	168
Grundgedanke der Methode. Spiegelung von Punktladungen. Spiegelung an Ebene und Kugel. Mehrfachspiegelung	
4.2.2. Greensche Funktion	173
Physikalische Definition. Felddarstellung mittels $G(\mathbf{r}, \mathbf{r}_0)$ . Berechnung von $G(\mathbf{r}, \mathbf{r}_0)$ . Zusammenfassung	
Aufgaben zum Abschnitt 4.2.	
4.3. Harmonische Potentiale	177
4.3.1. Raumladungsfreie Felder	177
Allgemeines Grundproblem. Kugel im homogenen Feld. Randwertaufgabe. Lösung mit Greenscher Funktion	
4.3.2. Ergänzungen	182
Feld bei vorgegebenen Raumladungen und Randwerten. Zur Greenschen Funktion. Zusammenfassung	
Aufgaben zum Abschnitt 4.3.	
4.4. Ebene Felder	185
4.4.1. Komplexes Potential der Ebene	185
Allgemeines. Zylinder- und Linienladung. Komplexes Potential der Ebene. Feldüberlagerung. Reihenentwicklung. Spiegelung in der Ebene. Komplexe Feldstärke $\underline{E}$	
4.4.2. Reguläre Potentiale	194
Berechnung durch Ladungsspiegelung. Konforme Abbildung. Beliebige Randwerte. Schwarz-Christoffelsche Formel. Beispiel. Zusammenfassung	
Aufgaben zum Abschnitt 4.4.	
4.5. Felder bei nichtleitenden Grenzflächen	203
4.5.1. Einfache Grenzflächen	203
Ebene Grenzfläche. Kugelförmige Grenzfläche	
4.5.2. Beliebige Grenzflächen	207
Grundgleichungen. Integralgleichungen. Zusammenfassung	
Aufgaben zum Abschnitt 4.5.	
4.6. Kapazität, Energie und Kraft	210
4.6.1. Kapazität	210
Teilkapazität. Physikalische Deutung. Reziprozitätstheorem. Beispiel	
4.6.2. Energie des elektrischen Feldes	214
Energie und Potential. Energie und Kapazität	
4.6.3. Kraft im elektrostatischen Feld	216
Kraftdichte. Kraft auf Grenzflächen. Kraft und Energie. Zusammenfassung	
Aufgaben zum Abschnitt 4.6.	
5. Wirbelfelder	223
5.1. Feldpotentiale	223
5.1.1. Quellenfreie Felder	223
Vektorpotential. Eindeutigkeit des Vektorpotentials. Vektorpotential mit vorgegebenen Quellen. Differentialgleichung des quellenfreien Vektorpotentials	
5.1.2. Poissonsche Vektorgleichung	228
Lösungen der Differentialgleichung $\Delta \mathbf{V} = -\mathbf{w}$ . Quellenfreie Lösungen $\Delta \mathbf{V} = -\mathbf{w}$ . Eindeutigkeit. Zusammenfassung	
Aufgaben zum Abschnitt 5.1.	
5.2. Elektromagnetische Potentiale	231
5.2.1. Maxwellsche Gleichungen	231
Skalar- und Vektorpotential. Nebenbedingung. Potentialgleichungen für Leiter (Form I). Potentialgleichung für Leiter (Form II). Zusammenfassung	
Aufgaben zum Abschnitt 5.2.	

<b>6. Stationäre Felder</b> . . . . .	237
6.1. Strömungsfelder . . . . .	237
6.1.1. Strömung im Leiter . . . . .	237
Grundgleichungen stationärer Felder. Stationäre Felder im Leiter. Grundaufgabe für Strömungsfelder	
6.1.2. Räumliche Felder . . . . .	239
Punktquellen. Spiegelungsmethode. Neumannsche Funktion. Reihenentwicklung	
6.1.3. Ebene Felder . . . . .	245
Punktquellen. Harmonische Felder. Komplexe Feldstärke	
6.1.4. Räumliche $n$ -Pole . . . . .	249
Übertragungswiderstände. Messung der $n$ -Pol-Parameter. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 6.1.	
6.2. Stationäre Magnetfelder . . . . .	254
6.2.1. Felder ohne Randbedingungen . . . . .	254
Grundgleichungen. Feld außerhalb der Strömung. Eigenschaften des magnetischen Skalarpotentials. Linienhafte Leiter. Beispiel	
6.2.2. Felder mit Randbedingungen . . . . .	263
Bedingungen an der Grenzfläche. Grenzfall $\mu \rightarrow \infty$ (Spiegelung). Harmonische Felder	
6.2.3. Ebene Felder . . . . .	265
Komplexes Potential. Komplexe Induktion $\underline{B}$ . Linienhafte Leiter. Randbedingungen. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 6.2.	
6.3. Induktivität, Energie und Kraft . . . . .	273
6.3.1. Induktivität . . . . .	273
2-Leiterschleifen-System. $n$ -Leiterschleifen-System	
6.3.2. Energie und Induktivität . . . . .	275
Energie und Stromdichte. Energie und Induktivität	
6.3.3. Kraft . . . . .	277
Kraftdichte. Kraft auf Grenzflächen. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 6.3.	
<b>7. Nichtstationäre Felder</b> . . . . .	281
7.1. Quasistationäre Felder . . . . .	281
7.1.1. Grundgleichungen . . . . .	281
Beliebige Zeitabhängigkeit. Sinusförmige Zeitabhängigkeit	
7.1.2. Flächenhafte Leiter (Wirbelstrom) . . . . .	284
Vektorpotential. Feldberechnung. Wirbelstromverluste. Wechselstromwiderstand	
7.1.3. Zylinderförmiger Leiter (Skineffekt) . . . . .	292
Berechnung der Felder. Näherungslösungen. Wechselstromwiderstand. Zusammenfassung Aufgaben zum Abschnitt 7.1.	
7.2. Wellenfelder . . . . .	299
7.2.1. Hertzscher Vektor . . . . .	299
Grundgleichungen. Hertzscher Vektor II. Feld im Leiter	
7.2.2. Hertzscher Dipol . . . . .	304
Modell, Feldgleichungen. Nah- und Fernfeld. Periodische Erregung. Feldlinienverläufe. Fernfeld bei periodischer Erregung	
7.2.3. Energieabstrahlung des Hertzschen Dipols . . . . .	314
Poyntingscher Vektor. Harmonische Erregung. Strahlungsdiagramm. Zusammenfassung. Aufgaben zum Abschnitt 7.2.	
<b>Anhang</b> . . . . .	319
<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	330
<b>Sachwörterverzeichnis</b> . . . . .	331