

---

# Einführung in die Elektrotechnik und Elektronik

---

Teil 1  
Gleichstrom  
Elektrisches und magnetisches Feld  
Wechselstrom · Elektrische Maschinen  
Energiewirtschaft

---

von  
Dipl.-Phys. Roderich Müller  
und  
Dr.-Ing. Anton Piotrowski  
Professoren an der Fachhochschule München

---

Mit 141 Bildern, 8 Tabellen, 24 Beispielen,  
39 Aufgaben samt Lösungen

4., verbesserte Auflage

R. Oldenbourg Verlag München Wien 1995

# Inhalt

Vorwort . . . . .	9
Einleitung . . . . .	10
1. Gleichstromlehre . . . . .	11
1.1 Grundbegriffe . . . . .	11
1.1.1 Elektrische Strömung . . . . .	11
Stromstärke und Geschwindigkeit der Strömung (S.12), Elektrische Spannung (15)	
1.1.2 Einfacher Stromkreis . . . . .	15
Ohmsches Gesetz (15), Elektrischer Widerstand (17), Einfluß der Temperatur auf den Widerstand (18), Weitere Einflüsse auf den Widerstand (21), Aufbau von Widerständen (22), Klemmenspannung und Leitungswiderstand (22)	
1.1.3 Kirchhoffsche Gesetze . . . . .	23
Erstes Kirchhoffsches Gesetz, Knotenregel (23), Zweites Kirchhoffsches Gesetz, Maschenregel (26), Schiebewiderstand ohne Belastung (27), Schiebewiderstand mit Belastung (28), Vorwiderstand (29), Erweiterung des Meßbereichs bei Meßgeräten (30)	
1.1.4 Energie und Leistung . . . . .	38
Elektrische Energie (38), Elektrische Leistung (39)	
1.1.5 Spannungsquelle . . . . .	42
Innerer Widerstand, Ersatzschaltbild, Kennlinie (42), Anpassung (44)	
1.2 Das elektrische Feld . . . . .	49
1.2.1 Das elektrische Feld eines Kondensators . . . . .	49
1.2.2 Die Aufladung des Kondensators . . . . .	52
1.2.3 Die Entladung des Kondensators . . . . .	54
1.2.4 Energie im Kondensator . . . . .	55
1.2.5 Schaltung von Kondensatoren . . . . .	57
Serienschaltung (57), Parallelschaltung (58)	
1.3 Das stationäre magnetische Feld . . . . .	58
1.3.1 Wirkung des elektrischen Strom . . . . .	58
1.3.2 Magnetische Feldstärke . . . . .	59

---

1.3.3	Magnetische Induktion . . . . .	60
1.3.4	Magnetische Vorgänge in Eisen . . . . .	62
1.3.5	Magnetisierungskurve . . . . .	62
1.3.6	Eigenschaften verschiedener Eisensorten . . . . .	64
1.3.7	Kenngrößen des Materials . . . . .	66
1.3.8	Magnetischer Fluß . . . . .	68
1.3.9	Durchflutungsgesetz . . . . .	68
1.3.10	Entmagnetisierung . . . . .	69
1.3.11	Kraftwirkungen auf stromdurchflossenen Leiter . . . . .	71
1.3.12	Anwendungen des stationären Magnetfeldes . . . . .	73
1.4	Das veränderliche magnetische Feld . . . . .	76
1.4.1	Das Induktionsgesetz . . . . .	76
1.4.2	Lenzsche Regel . . . . .	77
1.4.3	Selbstinduktion, Induktivität . . . . .	78
1.4.4	Der Stromanstieg in der Spule . . . . .	79
1.4.5	Energie in der Spule . . . . .	81
1.4.6	Rotatorische Spannungserzeugung . . . . .	81
1.4.7	Der Transformator . . . . .	83
1.4.8	Wirbelströme . . . . .	85
2.	<b>Wechselstromlehre . . . . .</b>	<b>89</b>
2.1	Grundbegriffe . . . . .	89
2.1.1	Vorkommen und Arten von Wechselströmen . . . . .	89
2.1.2	Eigenschaften sinusförmiger Wechselgrößen . . . . .	91
2.1.3	Messung und Darstellung der Kennwerte . . . . .	94
2.1.4	Addition und Subtraktion im Zeitdiagramm . . . . .	96
2.2	Komplexe Rechnung . . . . .	98
2.2.1	Die komplexe Zahlenebene . . . . .	98
2.2.2	Rechenregeln für komplexe Zahlen . . . . .	101
2.2.3	Darstellung sinusförmiger Wechselgrößen . . . . .	105
2.3	Komplexe Rechnung an komplexen Zweipolen . . . . .	106
2.3.1	Wirkwiderstand . . . . .	107
	Komplexe Schreibweise (107), Leistung am Wirkwiderstand (107)	
2.3.2	Kapazität . . . . .	108
	Komplexe Schreibweise (108), Kapazitive Blindleistung (110)	
2.3.3	Induktivität . . . . .	111
	Komplexe Schreibweise (111), Induktive Blindleistung (113)	
2.4	Blindwiderstandsdiagramm . . . . .	114

2.5	Allgemeiner Wechselstromzweipol . . . . .	116
2.5.1	Spannung, Strom und Phasenwinkel . . . . .	116
2.5.2	Leistungen . . . . .	117
2.6	Zusammengesetzte Zweipole . . . . .	119
2.6.1	Reihenschaltungen . . . . . Wirkwiderstand und Induktivität in Reihe (119), Wirkwiderstand und Kapazität in Reihe (123), Wirkwiderstand, Induktivität und Kapazität in Reihe (125), Reihenschaltung beliebiger Scheinwi- derstände (128)	119
2.6.2	Parallelschaltungen . . . . . Wirkwiderstand und Induktivität parallel (129), Wirkwiderstand und Kapazität (130), Wirkwiderstand, Induktivität und Kapazi- tät parallel (131), Parallelschaltung verschiedener Scheinwider- stände (132), Umrechnung zwischen Scheinwiderstand und Schein- leitwert (132)	129
2.6.3	Blindleistungskompensation . . . . .	139
2.7	Ortskurven . . . . .	143
2.8	Elektrische Schwingungen . . . . .	146
2.8.1	Schwingungsgleichung der freien gedämpften Schwingung . . . .	146
2.8.2	Schwingungsgleichung der freien ungedämpften Schwingung . . .	152
2.8.3	Erzwungene gedämpfte Schwingungen . . . . . Serienresonanzkreis (153), Parallelresonanzkreis (156)	153
2.8.4	Gemischte Schaltungen . . . . .	158
2.8.5	Anwendung von frequenzbestimmenden Bauteilen . . . . .	160
2.9	Drehstrom . . . . .	162
2.9.1	Erzeugung von Drehstrom . . . . .	162
2.9.2	Sternschaltung und Dreieckschaltung beim Erzeuger . . . . .	163
2.9.3	Leistungsberechnung beim Verbraucher . . . . .	165
3.	Elektrische Maschinen . . . . .	168
3.1	Gleichstrommaschinen . . . . .	168
3.1.1	Gleichstrommotor . . . . . Nebenschlußschaltung (168), Reihenschlußschaltung (169), Doppelschlußschaltung (170)	168
3.1.2	Gleichstromgenerator . . . . . Nebenschlußgenerator (171), Hauptschlußgenerator (172), Doppelschlußgenerator (173)	171

3.2	Drehstrommaschinen . . . . .	173
3.2.1	Drehfeld . . . . .	173
3.2.2	Käfigläufer-Asynchronmotor . . . . .	174
3.2.3	Drehstromsynchronmotor . . . . .	176
3.2.4	Drehstrom-Synchrongenerator . . . . .	176
3.2.5	Drehstrom-Schleifringläufermotor . . . . .	177
3.3	Wechselstrommaschinen . . . . .	178
3.3.1	Wechselstrommotor . . . . .	178
3.3.2	Wechselstromasynchronmotor . . . . .	178
3.3.3	Einphasenbetrieb von Drehstrommotoren . . . . .	179
3.3.4	Leistungsschild . . . . .	180
3.4	Sicherheitsvorschriften . . . . .	181
3.4.1	Wirkungen des elektrischen Stroms . . . . .	181
3.4.2	Schutzmaßnahmen . . . . .	183
4.	Energiewirtschaft . . . . .	186
4.1	Energieerzeugung . . . . .	186
4.1.1	Konventionelle Erzeugung von Energie. . . . . Kondensationskraftwerke (189), Gasturbinenkraftwerke (189), Heizkraftwerke (190), Kernkraftwerke (190)	186
4.2	Energieversorgungsanlagen. . . . .	190
4.3	Elektrischer Netzverbund . . . . .	192
4.4	Regenerative Energiequellen . . . . .	193
4.4.1	Sonnenenergie . . . . .	193
4.4.2	Windenergie . . . . .	196
4.4.3	Laufwasserenergie . . . . .	198
4.5	Fusionskraftwerke . . . . .	198
	Quellennachweis und Literaturhinweise . . . . .	201
	Quellennachweis für Witze und Karikaturen . . . . .	201
	Lösungshinweise . . . . .	202
	Lösungen der Aufgaben . . . . .	205
	Formelsammlung . . . . .	209
	Sachregister . . . . .	214
	Inhalt von Teil 2 . . . . .	217