

1	Grundlagen der Elektrotechnik	
1.1	Elektrizität in Natur und Technik	9
1.2	Größen der Elektrotechnik	10
1.2.1	Grundgrößen	10
1.2.2	Elektrischer Strom	11
1.2.3	Elektrische Ladung	12
1.2.4	Elektrische Stromstärke	13
1.2.5	Stromleitung in Metallen, Flüssigkeiten und Gasen	14
1.2.6	Elektrische Spannung	16
1.2.7	Wechselspannung	17
1.2.8	Messen von Spannung und Stromstärke	18
1.2.9	Anzeige bei Messgeräten	19
1.2.10	Elektrischer Widerstand	22
1.2.11	Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke	24
1.2.12	Zusammenhang zwischen Widerstand und Stromstärke	26
1.2.13	Elektrische Leistung	28
1.2.14	Leistung und Widerstand	29
1.2.15	Elektrische Arbeit und Energie	31
1.2.16	Elektrische Energie und Wärme	33
1.2.17	Leiterwiderstand	34
1.2.18	Widerstand und Temperatur	35
1.3	Schaltungen	36
1.3.1	Schaltungen mit Widerständen	36
1.3.1.1	Parallelschaltung	36
1.3.1.2	Reihenschaltung	37
1.3.1.3	Gruppenschaltungen	39
1.3.1.4	Brückenschaltung	41
1.3.1.5	Vorwiderstand, Spannungsteiler	42
1.3.1.6	Spannungsfall auf Leitungen	43
1.3.2	Schaltungen mit Spannungsquellen	44
1.3.2.1	Innenwiderstand	44
1.3.2.2	Ideale Spannungs- und Stromquellen	45
1.3.2.3	Anpassung	46
1.3.2.4	Reihenschaltung	46
1.3.2.5	Parallelschaltung	47
1.3.2.6	Elektrochemische Spannungsquellen	48
1.4	Elektrisches Feld	50
1.4.1	Elektrische Feldeigenschaften	50
1.4.2	Kondensatoren	51
1.4.3	Schaltungen mit Kondensatoren	54
1.5	Magnetisches Feld	55
1.5.1	Magnetische Feldeigenschaften	55
1.5.2	Stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	56
1.5.3	Kräfte im Magnetfeld	58
1.5.4	Spannung durch Magnetfelder	60
1.5.4.1	Induktion der Bewegung	60
1.5.4.2	Induktion der Ruhe	61
1.5.5	Spulen	64
1.6	Wechselspannung	66
1.6.1	Wechselspannungserzeugung	66
1.6.2	Darstellung und Kenngrößen	67
1.6.3	Effektivwerte	70
1.6.4	Nichtsinusförmige Wechselspannungen	71
1.7	Spulen im Wechselstromkreis	74
1.7.1	Widerstand der Spule	74
1.7.2	Reihenschaltung aus R und X_L	75
1.7.3	Parallelschaltung aus R und X_L	80
1.8	Kondensatoren im Wechselstromkreis	82
1.8.1	Widerstand des Kondensators	82
1.8.2	Reihenschaltung aus R und X_C	83
1.8.3	Parallelschaltung aus R und X_C	84
1.9	Spulen, Kondensatoren und Wirkwiderstände im Wechselstromkreis	86
1.9.1	Reihenschaltung aus R , X_C und X_L	86
1.9.2	Parallelschaltung aus R , X_C und X_L	88
1.10	Drei-Phasen-Wechselspannung	90
1.10.1	Spannungserzeugung	90
1.10.2	Belastetes Drehstromnetz	92
1.10.2.1	Sternschaltung	92
1.10.2.2	Dreieckschaltung	93
1.10.2.3	Unsymmetrische Belastung	94
2	Elektrische Installationen	
2.1	Gefahren durch elektrischen Strom	95
2.2	Arbeitsschutz und Sicherheit	97
2.3	Hausverteilung	99
2.3.1	Hausanschlussraum	99
2.3.2	Zähler	103
2.3.3	Stromkreisverteiler	106
2.3.4	Schaltpläne	110
2.4	Leitungsverlegung	113
2.4.1	Leitungsarten	113
2.4.2	Überstrom-Schutzorgane	115
2.4.2.1	Leitungs-Schutzsicherung	115
2.4.2.2	Leitungsschutz-Schalter	117
2.4.2.3	Bemessung und Anordnung von Überstrom-Schutzorganen	119
2.4.3	Auswahl von Leitungen	120
2.4.3.1	Einflüsse	120
2.4.3.2	Ermittlung des Leiterquerschnitts	122
2.4.3.3	Korrektur der Strombelastbarkeit	124
2.5	Kalkulation und Angebot	127
2.6	Installationsdurchführung	129
2.6.1	Installationsformen	129
2.6.2	Installationsarten	130
2.6.3	Installationszonen	132
2.6.4	Elektroinstallation in der Küche	133
2.6.5	Elektroinstallation im Bad	134
2.7	Schutzmaßnahmen	136
2.7.1	Fehlerstromkreis	136
2.7.2	Spannungsbereiche, Schutzklassen und Schutzarten	137
2.7.3	Schutzmaßnahmen – Überblick	139
2.7.4	Basisschutz und Fehlerschutz	140
2.7.5	Basisschutz	142
2.7.6	Fehlerschutz	144
2.7.6.1	Doppelte oder verstärkte Isolierung	144
2.7.6.2	Schutztrennung	145
2.7.6.3	Nicht leitende Umgebung	146
2.7.6.4	Erdfreier örtlicher Schutzpotenzialausgleich	146
2.7.6.5	Abschaltung im TN-System	147
2.7.6.6	Abschaltung im TT-System	150
2.7.6.7	Abschaltung im IT-System	151
2.7.6.8	Übersicht: Verteilungssysteme	152
2.7.7	Schutzpotenzialausgleich und Erdung	153

2.7.8	Anlagenschutz	154	4	Informationstechnik	
2.7.9	Schutz vor Ausgleichsströmen	156	4.1	Nachricht, Information und Kommunikation	227
2.7.9.1	Problemdarstellung	156	4.2	Computertechnik	228
2.7.9.2	Netzzumrüstung	157	4.2.1	Aufbau und Arbeitsweise eines Computers	228
2.7.9.3	Differenzstromüberwachung	159	4.2.2	PC-Erweiterungen, PCI	232
2.7.10	Schutz vor Oberschwingungen	160	4.2.3	Parallele Datenübertragung	234
2.7.10.1	Belastungsfälle in Energieverteil-systemen	160	4.2.4	Serielle Datenübertragung	235
2.7.10.2	Messen von Oberschwingungen	161	4.2.5	USB – Universal Serial Bus	236
2.7.10.3	Netzfilter	164	4.2.6	PC-Anschlüsse	237
2.8	Besondere Bereiche und Anlagen	166	4.2.7	Tonverarbeitung	238
2.9	Prüfen und Messen	170	4.2.8	Grafikverarbeitung	239
2.9.1	Übersicht	170	4.2.9	Festplatten	240
2.9.2	Erstprüfung	170	4.2.10	SSD – Solid State Disc	241
2.9.3	Besichtigung	171	4.2.11	Speicherkarten	242
2.9.4	Niederohmmessung	171	4.2.12	Optische Datenträger	243
2.9.5	Isolationswiderstand	173	4.3	Peripheriegeräte	244
2.9.6	Erdungswiderstand	174	4.3.1	Ein- und Ausgabegeräte – Übersicht	244
2.9.7	Schleifenimpedanz	175	4.3.2	Tastatur	245
2.9.8	Netzzinnenwiderstand	176	4.3.3	Zeigergeräte	245
2.9.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	177	4.3.4	Maus	246
2.9.10	Drehrichtung	178	4.3.5	Grafiktablett	246
2.9.11	Funktionsprüfung	178	4.3.6	Berührungsempfindliche Eingabegeräte	247
2.9.12	Prüfplan	179	4.3.7	Scanner	248
2.9.13	Dokumentation	180	4.3.8	Drucker	249
2.9.14	Wiederkehrende Prüfung	182	4.3.9	Computerbildschirm	251
2.10	Nutzereinweisung	185	4.4	Computernetzteil	253
2.11	Schritte einer Elektroinstallation	187	4.5	Software	254
2.12	Rechnung	188	4.6	Betriebssysteme	256
3	Steuerungstechnik		4.7	Netzwerke (Netze)	257
3.1	Steuerungsprinzip	189	4.7.1	Einteilung und Bezeichnungen	257
3.1.1	Steuern	189	4.7.2	Netzwerktopologien	257
3.1.2	Steuerungsarten	191	4.7.3	Netzwerkkomponenten	259
3.1.3	GRAFCET	192	4.7.4	Client-Server-Modell (Prinzip)	260
3.1.4	Signale	193	4.7.5	Netzwerkprotokolle	262
3.1.5	Bedienelemente	194	4.7.6	Ethernet-II-Rahmen	264
3.2	Sensoren	195	4.7.7	IP-Adressen	266
3.2.1	Übersicht	195	4.7.8	Domänen-Name-System (Domain Name System)	268
3.2.2	Temperatursensoren	196	4.7.9	MAC-Adresse	269
3.2.3	Druck- und Kraftsensoren	197	4.7.10	Netzwerkkabel	270
3.2.4	Durchflusssensoren	198	4.7.11	Verkabelung	272
3.2.5	Füllstandssensoren	199	4.7.12	WLAN	273
3.2.6	Positionssensoren	200	4.8	Internet	274
3.2.7	Näherungssensoren	200	4.8.1	Aufbau und Dienste	274
3.3	Aktoren	203	4.8.2	Informationsbeschaffung	275
3.3.1	Übersicht	203	4.8.3	Ports	276
3.3.2	Aktoren mit elektrischer Hilfsenergie	204	4.8.4	Datenschutz	277
3.3.3	Thermische Aktoren	205	4.8.5	Zugriffsschutz	278
3.3.4	Aktoren für Strömungen	206	4.8.6	Schadsoftware	279
3.4	Digitaltechnik	207	4.8.7	Firewall	280
3.4.1	Logische Grundschaltungen	207	4.8.8	Datensicherung	280
3.4.2	Schaltnetze	209	5	Elektroenergieversorgung	
3.4.3	Speicherschaltungen	211	5.1	Kraftwerke	281
3.4.4	Monostabile Kippstufen	213	5.2	Brennstoffzellen	283
3.4.5	Zähler	214	5.3	Kraft-Wärme-Kopplung	284
3.5	Steuerrelais	215	5.4	Energieverteilung	286
3.6	Relais und Schütze	219			
3.6.1	Relais	219			
3.6.2	Schütze	221			
3.6.3	Anwendungen	222			
3.7	Pneumatik	224			

5.4.1	Verbundnetz	286
5.4.2	Niederspannungsnetz	287
5.5	Transformatoren	290
5.5.1	Einphasentransformator	290
5.5.2	Sondertransformatoren	293
5.5.3	Drehstromtransformatoren	294
5.6	Photovoltaik	296
5.6.1	Solarmodule	296
5.6.2	Komponenten einer PV-Anlage	298
5.6.3	Installation einer PV-Anlage	300
5.7	Unterbrechungsfreie Stromversorgung	303
5.7.1	Einsatz und Klassifizierung	303
5.7.2	USV-Auswahl	305
5.7.3	USV-Management	306
5.8	Kompensationsanlagen	307
5.8.1	Kompensationsarten	307
5.8.2	Kompensation bei sinusförmiger Belastung	308
5.8.3	Kompensation bei nichtsinusförmiger Belastung	311
5.8.4	Kompensation und Rundsteuer-signale	314
5.8.5	Aktive Filter	315
5.9	Schaltanlagen	316
5.9.1	Aufbau	316
5.9.2	Schaltgeräte	318
5.9.3	Antriebe von Leistungsschaltern	321
5.9.4	Zähleranschluss	322
5.9.5	Schalthandlungen	324
5.9.6	Schutzsysteme	326
5.10	Fehlersuche	332
5.11	Instandhaltung	338
5.12	Funktionserhalt	341
6	Elektronik	
6.1	Halbleiterwiderstände	343
6.1.1	Halbleiter	343
6.1.2	Spannungsabhängige Widerstände	343
6.1.3	Temperaturabhängige Widerstände	344
6.1.4	Lichtabhängige Widerstände	346
6.1.5	Magnetabhängige Widerstände	346
6.2	Dioden	347
6.2.1	Funktion und Aufbau	347
6.2.2	Leuchtdioden	349
6.2.3	Gleichrichterschaltungen	350
6.2.4	Spannungsstabilisierung	352
6.3	Elektronische Schalter	353
6.3.1	Prinzip	353
6.3.2	Transistor als Schalter	354
6.3.2.1	Bipolare Transistoren	354
6.3.2.2	Feldeffekttransistoren	356
6.3.3	Thyristoren	357
6.3.4	Triac	359
6.3.5	Elektronische Relais	361
6.4	Verstärker	362
6.4.1	Verstärkungsprinzip	362
6.4.2	Verstärker mit bipolaren Transistoren	363
6.4.3	Verstärker mit Feldeffekttransistoren	365
6.4.4	Operationsverstärker	366
6.5	Netzteile	369

7	Speicherprogrammierbare Steuerungen	
7.1	Aufbau und Funktion einer SPS	371
7.2	Auswahl einer SPS	374
7.3	Programmieren einer SPS	378
7.3.1	Zyklischer Programmablauf	378
7.3.2	Programmdarstellungen	380
7.3.3	Operanden	381
7.3.4	Operationen	382
7.3.5	Merker	384
7.3.6	Timer	386
7.3.7	Zähler	387
7.3.8	Programmbausteine und -strukturen	388
7.4	Programmierbeispiel Schrankenanlage	390
7.4.1	Programmstruktur und Projekt anlegen	390
7.4.2	Hardwarekonfiguration	391
7.4.3	Schranke aufwärts	392
7.4.4	Schranke abwärts	396
7.4.5	Zählen der Parkplätze	398
7.4.6	Programmsimulation	399
7.4.7	Installation und Inbetriebnahme	400
7.4.8	Dokumentation und Rechnung	402
8	Antriebstechnik	
8.1	Drehstrommotoren	403
8.1.1	Drehfeld	403
8.1.2	Leistung und Drehmoment	405
8.1.3	Asynchronmotoren	405
8.1.3.1	Übersicht	405
8.1.3.2	Kurzschlussläufer-Motor	406
8.1.3.3	Schleifringläufer-Motor	409
8.1.4	Drehstrommotor an Wechselspannung	411
8.1.5	Kondensatormotor	412
8.1.6	Synchronmotoren	413
8.1.7	Motorauswahl	415
8.2	Steuerung von Drehstrommotoren	419
8.2.1	Motorschutz	419
8.2.2	Anlassverfahren	423
8.2.2.1	Grundsätzliche Probleme	423
8.2.2.2	Vorwiderstände	423
8.2.2.3	Anlasstransformator	423
8.2.2.4	Stern-Dreieck-Anlassen	424
8.2.2.5	Sanftanlaufgeräte	426
8.2.2.6	Frequenzumrichter	429
8.2.3	Bremsbetrieb	433
8.2.4	Drehrichtung	434
8.2.5	Drehzahländerung	435
8.3	Stromwendermaschinen	437
8.3.1	Gleichstromgeneratoren	437
8.3.2	Gleichstrommotoren	440
8.3.2.1	Arbeitsweise	440
8.3.2.2	Motorschaltungen	442
8.3.2.3	Motorsteuerung	444
8.3.2.4	Bremsbetrieb	447
8.3.3	Universalmotor	448
8.4	Energieeffizienz	449
8.5	Servoantriebe	451
8.5.1	Synchron-Servomotor	451
8.5.2	Asynchron-Servomotor	453
8.5.3	Linear-Servomotor (Linearmotor)	454

8.5.4	Bremsen von Servomotoren	455	10.2.3.3	Halogenlampen	536
8.5.5	Gebersysteme	456	10.2.3.4	Leuchtstofflampen	538
8.5.6	Messsysteme für lineare Servomotoren	458	10.2.3.5	Hochdrucklampen	541
8.5.7	Servo-Umrichter	460	10.2.3.6	LED-Lampen	542
8.6	Spaltpolmotor	461	10.2.3.7	Entsorgung	543
8.7	Schrittmotor	462	10.2.3.8	Energieeffizienz	544
9	Kommunikationstechnik		10.2.4	Beleuchtungsbeeinflussung	544
9.1	Gebäudesystemtechnik	463	10.2.4.1	Prinzipien	544
9.1.1	KNX-System	463	10.2.4.2	Dimmen	545
9.1.2	KNX-Installation	464	10.2.4.3	Digitale Steuerung	546
9.1.3	Programmierung	466	10.2.5	Sicherheitsbeleuchtung	548
9.1.4	Inbetriebnahme	470	10.3	Installation von Beleuchtungs-	
9.1.5	Programmierungsumgebung	472		anlagen	551
9.2	Telekommunikationsanlagen	475	10.3.1	Hallenbeleuchtung	551
9.2.1	Telekommunikation	475	10.3.2	Bürobeleuchtung	556
9.2.2	IP-basierte Telekommunikation	476	10.3.3	Prüfung und Wartung	558
9.2.3	Datenübertragung im TK-Netz	478	10.4	Gebäudeautomation	559
9.2.5	Analoge Telefonstecker und Dosen	481	10.5	Funksysteme	560
9.2.6	ISDN	483	10.6	Überspannungsschutz	561
9.2.7	Mobile Kommunikation	485	10.6.1	Auswirkungen von Überspannungen	561
9.2.8	Videokonferenzsysteme	486	10.6.2	Äußerer Blitzschutz	562
9.3	Gefahrenmeldeanlagen	488	10.6.3	Innerer Blitzschutz	565
9.3.1	Sicherheitstechnik	488	10.6.4	Prüfung und Wartung	568
9.3.2	Begriffe	489			
9.3.3	Objekte für Einbruchmeldeanlagen	491	11	Automatisierungstechnik	
9.3.3.1	Melder zur Außenhautsicherung	491	11.1	Regelungstechnik	569
9.3.3.2	Melder zur Innenraumsicherung	492	11.1.1	Steuern und Regeln	569
9.3.3.3	Überfallmelder	493	11.1.2	Regelkreis	570
9.3.3.4	Brandmelder	494	11.1.3	Regelstrecken	572
9.3.3.5	Meldelinien	496	11.1.4	Regelkreisverhalten	575
9.3.3.6	Schalteinrichtungen	500	11.1.5	Grundsaltungen stetiger Regler	576
9.3.3.7	Einbruchmeldezentrale	501	11.1.6	Zusammengesetzte Regler	578
9.3.4	Installation	502	11.1.7	Reglereinstellungen mit Tabellen	580
9.3.5	Videoüberwachung	504	11.1.8	Digitale PID-Regler	581
9.4	Empfangsverteilanlagen	506	11.1.9	Unstetige Regler	582
9.4.1	TV-Standards	506	11.2	Ebenen der Automatisierungs-	
9.4.2	Terrestrischer Fernsehempfang	509		technik	583
9.4.3	Nutzung bestehender Antennen-		11.3	Industrial Ethernet	584
	anlagen	510	11.4	Bussysteme	586
9.4.4	Pay-TV	513	11.4.1	AS-Interface	586
9.4.5	HbbTV	513	11.4.2	PROFIBUS	587
9.4.6	DVB-C	514	11.4.3	PROFINET	588
9.4.7	DVB-S	515	11.4.4	EtherNet/IP	590
9.4.8	Installation einer Satelliten-		11.4.5	EtherCAT	591
	Empfangsanlage	517	11.4.6	CC-Link	592
			11.4.7	CC-Link IE	593
			11.4.8	Modbus	594
10	Haustechnik		11.5	IO-Link	595
10.1	Hausgeräte und -anlagen	519	11.6	Steuerungen in automatisierten	
10.1.1	Elektroherde und Backöfen	519		Anlagen	596
10.1.2	Mikrowellengeräte	522	11.6.1	Bibliotheksfähige Funktionen (FC)	596
10.1.3	Kühl- und Gefriergeräte	523	11.6.2	Bibliotheksfähige Funktionsbau-	
10.1.4	Geschirrspüler	524		steine (FB)	599
10.1.5	Waschmaschinen	525	11.6.3	Ablaufsteuerung mit Schrittmernern	602
10.1.6	Warmwassergeräte	526	11.6.4	Ablaufsteuerung mit S7-GRAPH	603
10.1.7	Prüfen und Messen	530	11.6.5	Standardisierte Ablaufsteuerung	605
10.2	Beleuchtungsanlagen	532	11.7	Sicherheit in Steuerungen	608
10.2.1	Einflussgrößen	532	11.7.1	Risikobewertung	608
10.2.2	Kennzeichnung von Leuchten	534	11.7.2	Performance Level	609
10.2.3	Lampen	534	11.7.3	Elektrische Ausrüstung von	
10.2.3.1	Lampenarten	535		Maschinen	613
10.2.3.2	Glühlampen	535			

