

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Grundlagen

<b>1.1</b>	<b>Physikalische Größen</b>	<b>11</b>
1.1.1	Kraftfelder	11
1.1.2	Masse und Kraft	11
1.1.3	Basisgrößen, Einheiten und abgeleitete Einheiten	12
1.1.4	Kraft als Beispiel eines Vektors	13
1.1.5	Arbeit	13
1.1.6	Energie	14
<b>1.2</b>	<b>Elektrotechnische Grundgrößen</b>	<b>15</b>
1.2.1	Ladung	15
1.2.2	Spannung	16
1.2.3	Elektrischer Strom	17
1.2.4	Elektrischer Widerstand	18
1.2.5	Ohm'sches Gesetz	19
1.2.6	Widerstand und Temperatur	20
1.2.7	Stromdichte	21
1.2.8	Bauformen der Widerstände	21
1.2.8.1	Festwiderstände	21
1.2.8.2	Veränderbare Widerstände	23
1.2.8.3	Heißleiterwiderstände NTC	23
1.2.8.4	Kaltleiterwiderstände PTC	23
1.2.8.5	Spannungsabhängige Widerstände VDR	24
1.2.9	Gefahren des elektrischen Stromes	24
<b>1.3</b>	<b>Grundsaltungen</b>	<b>26</b>
1.3.1	Bezugspfeile	26
1.3.2	Reihenschaltung	27
1.3.3	Parallelschaltung	29
1.3.4	Gemischte Schaltungen	31
1.3.4.1	Spannungsteiler	31
1.3.4.2	Messen elektrischer Grundgrößen	33
1.3.4.3	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	34
<b>1.4</b>	<b>Leistung, Arbeit, Wärme</b>	<b>35</b>
1.4.1	Elektrische Leistung	35
1.4.2	Elektrische Arbeit	37
1.4.3	Mechanische Leistung	38
1.4.4	Wirkungsgrad	38
1.4.5	Temperatur und Wärme	40
1.4.6	Wärmeübertragung	41
1.4.7	Leistungshyperbel	43
<b>1.5</b>	<b>Spannungserzeuger</b>	<b>44</b>
1.5.1	Arten der Spannungserzeugung	44
1.5.2	Belastungsfälle einer Spannungsquelle	45
1.5.3	Anpassung	46
1.5.4	Schaltungen von Spannungserzeugern	48
1.5.5	Ersatzspannungsquelle und Ersatzstromquelle	49
<b>1.6</b>	<b>Wechselspannung und Wechselstrom</b>	<b>50</b>
<b>1.7</b>	<b>Spannung und elektrisches Feld</b>	<b>57</b>
1.7.1	Elektrisches Feld	57
1.7.2	Kondensator	59
1.7.3	Schaltungen von Kondensatoren	62
1.7.4	Kondensator im Gleichstromkreis	63
1.7.5	Bauformen der Kondensatoren	64
<b>1.8</b>	<b>Strom und Magnetfeld</b>	<b>68</b>
1.8.1	Magnetisches Feld	68
1.8.2	Elektromagnetische Baugruppen	76
1.8.2.1	Elektromagnete	76
1.8.2.2	Relais	76
1.8.3	Strom im Magnetfeld	78
1.8.4	Induktion	81

1.8.5	Spule im Gleichstromkreis	87
1.8.6	Bauformen der Spulen	87
<b>1.9</b>	<b>Halbleiter</b>	<b>89</b>
1.9.1	Kristallaufbau	89
1.9.2	Eigenleitung	89
1.9.3	Störstellenleitung	89
1.9.4	Halbleiterdioden	90
1.9.4.1	Sperrschicht	90
1.9.4.2	Sperrschichtkapazität	91
1.9.4.3	Rückwärtsrichtung und Vorwärtsrichtung	91
1.9.4.4	Elektrischer Durchbruch	93
1.9.4.5	Bauformen von Halbleiterdioden	94
1.9.4.6	Fotodioden, Fotowiderstände und Fotoelemente	96
1.9.4.7	LED und Optokoppler	98
1.9.5	Arbeitspunkt	100
<b>1.10</b>	<b>Schaltungstechnik und Funktionsanalyse</b>	<b>102</b>
1.10.1	Dokumente der Elektrotechnik	102
1.10.2	Referenzkennzeichnung in der Elektrotechnik	103
1.10.3	Schaltungen mit Installationsschaltern	105
1.10.4	Schaltfunktion	105
1.10.5	Schützsaltungen	107
1.10.6	Schaltungen mit Zeitschaltern	109
<b>1.11</b>	<b>Werkstoffe und Leitungen</b>	<b>110</b>
1.11.1	Atommodell	110
1.11.2	Periodensystem	111
1.11.3	Chemische Bindungen	111
1.11.4	Säuren, Basen und Salze	112
1.11.5	Elektrochemie	113
1.11.6	Korrosion	116
1.11.7	Leiterwerkstoffe	117
1.11.8	Leiterplatten	118
1.11.8.1	Basismaterial	118
1.11.9	Lote und Flussmittel	119
1.11.10	Isolierstoffe	120

## 2 Anwendungen der Grundlagen

<b>2.1</b>	<b>Blindwiderstände an Sinuswechselspannung</b>	<b>121</b>
2.1.1	Wechselstromwiderstand des Kondensators	121
2.1.2	Wechselstromwiderstand der Spule	122
2.1.3	Schaltungen von nicht gekoppelten Spulen	123
<b>2.2</b>	<b>RC-Schaltungen und RL-Schaltungen</b>	<b>124</b>
2.2.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und Blindwiderstand	124
2.2.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und Blindwiderstand	126
2.2.3	Verluste im Kondensator	127
2.2.4	Verluste in der Spule	128
2.2.5	Impulsverformung	129
2.2.6	Siebschaltungen	132
2.2.7	Mechanische Bandfilter	136
<b>2.3</b>	<b>Schwingkreise</b>	<b>137</b>
2.3.1	Reihenschwingkreis	137
2.3.2	Parallelschwingkreis	138
2.3.3	Kenn- und Resonanzfrequenz	139
2.3.4	Bandbreite und Güte	140
<b>2.4</b>	<b>Leistungen bei Wechselstrom</b>	<b>141</b>
2.4.1	Wirkleistung	141
2.4.2	Blindleistung, Scheinleistung	141
2.4.3	Leistungsdreiecke	142
2.4.4	Leistungsfaktor	143

2.4.5	Leistungen bei Dreiphasenwechselspannung	144	2.11.3	Oszilloskop	230
2.4.5.1	Entstehung des Drehstromes	144	2.11.3.1	Analog-Oszilloskop	230
2.4.5.2	Sternschaltung	145	2.11.3.2	Digitales Speicheroszilloskop DSO	232
2.4.5.3	Dreieckschaltung	146	2.11.3.3	Scopemeter	234
2.4.5.4	Ermittlung der Leistung	147	2.11.3.4	PC-Oszilloskop	235
2.4.6	Kompensation von Blindwiderständen	148	2.11.3.5	Logikanalysatoren	236
<b>2.5</b>	<b>Transformatoren</b>	<b>150</b>	2.11.4	PC-Messtechnik	237
2.5.1	Wirkungsweise und Begriffe	150	2.11.5	Simulationssysteme anwenden	241
2.5.2	Aufbau von Transformatoren	150	<b>2.12</b>	<b>Schutzmaßnahmen</b>	<b>245</b>
2.5.3	Idealer Transformator	151	2.12.1	Schutz gegen elektrischen Schlag	245
2.5.4	Realer Transformator im Leerlauf	153	2.12.2	Verteilungssysteme, Fehlerarten	246
2.5.5	Realer Transformator unter Last	154	2.12.3	Überstromschutz	247
2.5.6	Besondere Transformatoren	156	2.12.4	Fehlerstromschutz	248
<b>2.6</b>	<b>Weitere elektronische Bauelemente</b>	<b>159</b>	2.12.5	Schutz durch Gehäuse	249
2.6.1	Besondere Halbleiterdioden	159	2.12.6	Schutz durch automatische Abschaltung	249
2.6.1.1	Z-Dioden	159	2.12.7	Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung (Schutzklasse II)	251
2.6.1.2	Schottkydioden	160	2.12.8	Schutz durch Schutztrennung	251
2.6.2	Bipolare Transistoren	160	2.12.9	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	252
2.6.3	Unipolare Transistoren (FET)	165	2.12.10	Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel	253
2.6.4	Leistungs-FET	169	2.12.11	Wiederholungsprüfung an ortsveränderlichen elektrischen Geräten	254
2.6.4.1	SiC-MOSFET	169	2.12.12	Prüfung der elektrischen Ausrüstung von Maschinen	255
2.6.5	IGBT	171	2.12.13	Elektrotechnische Qualifizierungsmaßnahmen	256
2.6.6	Thyristoren	173			
2.6.7	Integrierte Schaltungen (IC)	178			
2.6.8	Gasentladungsröhren	179			
2.6.9	Strahlungsgesteuerte Röhren	180			
<b>2.7</b>	<b>Laser</b>	<b>181</b>			
<b>2.8</b>	<b>Elektronische Schaltungen mit Strom versorgen</b>	<b>184</b>	<b>3</b>	<b>Digitaltechnik</b>	
2.8.1	Netzgeräte	184	<b>3.1</b>	<b>Einführung in die Digitaltechnik</b>	<b>257</b>
2.8.2	Prinzip der Gleichrichtung	184	3.1.1	Dualcode	257
2.8.3	Gleichrichterschaltungen	185	3.1.2	Binäre Elemente	258
2.8.4	Glätten der gleichgerichteten Spannung	188	3.1.3	Grundlagen der Schaltalgebra	261
2.8.5	Stabilisieren	190	3.1.4	Analyse und Synthese von Schaltungen	263
2.8.5.1	Stabilisierungsfaktor	190	3.1.5	Binäre Elemente mit besonderen Ausgängen	264
2.8.5.2	Lineare Spannungsregler	191	3.1.6	Digitale Schaltkreise	265
2.8.5.3	Lineare Spannungsregler-ICs	193	3.1.7	Daten von binären Elementen	266
2.8.6	Projektaufgabe Netzteil	195	3.1.8	Karnaugh-Diagramm	268
<b>2.9</b>	<b>Verstärker</b>	<b>198</b>	3.1.9	Binärcodes	270
2.9.1	Grundbegriffe	198	3.1.9.1	BCD-Codes	270
2.9.2	Verstärker mit bipolaren Transistoren	202	3.1.9.2	Gray-Code	271
2.9.2.1	Verstärkergrundschaltungen	202	3.1.9.3	Strichcodes (Barcodes)	271
2.9.2.2	Arbeitspunkt	203	3.1.9.4	Flächencodes	273
2.9.2.3	Emitterschaltung	204	3.1.9.5	Codeleser	273
2.9.2.4	Gegenkopplung	206	3.1.9.6	Darstellung von alphanumerischen Zeichen	274
2.9.2.5	Gegentaktschaltungen	207	3.1.10	Anwendung Codeumsetzer	275
2.9.3	Verstärker mit Feldeffekttransistoren	208	<b>3.2</b>	<b>Sequenzielle Digitaltechnik (Schaltwerke)</b>	<b>276</b>
2.9.4	Verstärker für den D-Betrieb	211	3.2.1	Binärspeicher	276
2.9.5	Operationsverstärker	212	3.2.2	Asynchrone Kippglieder (Flipflops)	278
2.9.5.1	Eigenschaften	212	3.2.3	Synchrone Kippglieder (Flipflops)	279
2.9.5.2	Schaltungsaufbau	213	3.2.4	Monoflops und Verzögerungselemente	282
2.9.5.3	Betriebsverhalten	213	3.2.5	Asynchrone Zähler	283
2.9.5.4	Grundschaltungen	214	3.2.6	Synchrone Zähler	285
2.9.6	Treiberverstärker	220	3.2.6.1	Wertetabelle und Zeitablaufdiagramm	285
<b>2.10</b>	<b>Generatoren und Kippschaltungen</b>	<b>221</b>	3.2.6.2	Schaltfunktionen aus der Wertetabelle	285
2.10.1	Sinusgeneratoren	221	3.2.6.3	Zähler mit T-Kippgliedern	286
2.10.2	Sägezahn-generator	223	3.2.7	Zähldekaden	288
2.10.3	Elektronische Schalter	223	3.2.8	Schieberegister	290
2.10.4	Bistabile Kippschaltung	224	3.2.9	Zähler mit Codeumsetzer	292
2.10.5	Zeitgeberbaustein NE555	224	3.2.10	Frequenzteiler	293
2.10.6	Monostabile Kippschaltung	225	3.2.11	Projektaufgabe Signalanlage	294
2.10.7	Astable Kippschaltung (Rechteckgenerator)	226	<b>3.3</b>	<b>Anwendungen der Digitaltechnik</b>	<b>296</b>
2.10.8	Schwellwertschalter	227	3.3.1	Programmierbare Logikelemente	296
<b>2.11</b>	<b>Messgeräte</b>	<b>228</b>	3.3.1.1	Aufbau und Programmierung	296
2.11.1	Zeigermessgeräte	228	3.3.1.2	PAL-Schaltkreise	297
2.11.2	Digitalmultimeter	229	3.3.1.3	Schaltkreise mit zwei programmierbaren Feldern	300
			3.3.1.4	PAL-Schaltkreis als PROM	300
			3.3.1.5	EPLD-Logikschaltkreis EP 310	301

3.3.1.6	ISP-Bauelemente	303
3.3.2	Binäre Übertragungsfehler erkennen	306
<b>3.4</b>	<b>DA-Umsetzer und AD-Umsetzer</b>	<b>307</b>
3.4.1	Digital-Analog-Umsetzer	307
3.4.2	Analog-Digital-Umsetzer	308
3.4.2.1	Momentanwert-AD-Umsetzer	308
3.4.2.2	Integrierende AD-Umsetzer	310

## 4 Datentechnik

<b>4.1</b>	<b>PC-System</b>	<b>313</b>
4.1.1	Bestandteile eines PC-Systems	313
4.1.2	Externe Schnittstellen am PC	314
4.1.3	Tastatur des PC	315
4.1.4	Inbetriebnahme eines PC	315
4.1.5	PCI-Express-Schnittstelle	316
<b>4.2</b>	<b>Merkmale und Arten von Computeranlagen</b>	<b>317</b>
4.2.1	Leistungsfähigkeit	317
4.2.2	Arten von Computern	317
4.2.3	Client-Server-Systeme	319
4.2.4	Aufgabenbereiche von Computern	320
<b>4.3</b>	<b>Mikrocomputer</b>	<b>321</b>
4.3.1	Aufbau eines Mikrocomputers	321
4.3.2	Wirkungsweise von Mikroprozessoren	322
4.3.3	Mikroprozessorfamilie x86	324
4.3.4	Weitere Mikroprozessoren	326
4.3.5	Speicherverwaltungen	327
4.3.5.1	Adressierungsarten	327
4.3.5.2	FIFO-Speicherverwaltung	328
4.3.5.3	Stack-Speicherverwaltung	328
4.3.5.4	Virtuelle Speicherverwaltung	329
<b>4.4</b>	<b>Systementwicklung</b>	<b>331</b>
4.4.1	Systemanalyse, Aufgabenanalyse	331
4.4.2	Agiles Projektmanagement	334
4.4.3	Programmentwicklung	335
4.4.4	CPU-Programmierung mit Hochsprachen	336
<b>4.5</b>	<b>Programmieren mit Visual C#</b>	<b>339</b>
4.5.1	Begriffe des Programmierens	339
4.5.2	Strukturierte Anweisungen	340
4.5.3	Programmieren in Visual C#	342
4.5.4	Vereinbarungen (Deklarationen)	343
4.5.5	Methoden für die Eingabe und Ausgabe	345
4.5.6	Operatoren und Ausdrücke	347
4.5.7	Bedingte Anweisungen	348
4.5.8	Inkrementoperatoren und Dekrementoperatoren	350
4.5.9	Iterationsanweisungen	350
4.5.10	Vergleich der Schleifenanweisungen	352
<b>4.6</b>	<b>Mikrocontroller</b>	<b>353</b>
4.6.1	Allgemeines	353
4.6.2	AVR-Mikrocontroller	356
4.6.3	Raspberry Pi	357
4.6.4	Programmierung von Mikrocontrollern	360
4.6.4.1	Programmierung von Mikrocontrollern in C	362
4.6.5	ARDUINO	364
4.6.6	Online-Programmierung mit Mbed OS 5	366
4.6.6.1	Einrichten von Mbed für Nucleo F103RB	366
4.6.6.2	Programme für Nucleo-F103RB erstellen	367
4.6.6.3	Anwendungen programmieren für Nucleo-F103RB	368
4.6.7	Periphere Busse	369
4.6.7.1	I <sup>2</sup> C-Bus	369
4.6.8	Serial Peripheral Interface SPI	371
<b>4.7</b>	<b>Betriebssystem</b>	<b>373</b>
4.7.1	Aufgaben eines Betriebssystems	373
4.7.2	BIOS und UEFI	374

4.7.3	Befehlszeilenkommandos	376
4.7.4	Windows anwenden	378
4.7.4.1	Installation von Anwendersoftware	379
4.7.4.2	Dateiverwaltung	380
4.7.4.3	Konfigurieren von Windows	381
4.7.5	Linux anwenden	382
<b>4.8</b>	<b>Datenbank, Tabellenkalkulation, Präsentation, Lernplattform</b>	<b>384</b>
4.8.1	Datenbanksystem Access	384
4.8.2	Tabellenkalkulation	388
4.8.3	Präsentationsprogramm PowerPoint	392
4.8.4	Lernen mit Moodle	394
<b>4.9</b>	<b>Speichertechnik</b>	<b>396</b>
4.9.1	RAM	396
4.9.2	ROM	398
4.9.3	Speicheradressierung	399
4.9.4	Datenzugriff	400
4.9.5	Festplattenspeicher	401
4.9.6	Halbleiterlaufwerke	403
4.9.7	Optische Speicher	404
4.9.8	Speicher für Backup	406
4.9.9	Chipkarten	408
4.9.10	RFID-Transponder	410
<b>4.10</b>	<b>Dateneingabe und Datenausgabe</b>	<b>411</b>
4.10.1	Eingabegeräte	411
4.10.1.1	Tastaturen	411
4.10.1.2	Dateneingabe am Bildschirm	411
4.10.1.3	Befehls- und Dateneingaben durch Gestik und Tracking	413
4.10.1.4	Scanner	414
4.10.2	Ausgabegeräte	414
4.10.2.1	Drucker	414
4.10.2.2	3D-Drucker	416
4.10.2.3	Displays und Beamer	418
4.10.2.4	Interaktives Whiteboard	419
4.10.3	Schnittstellen für periphere Geräte	420
4.10.3.1	Aufgaben und Art der Schnittstellen	420
4.10.3.2	USB-Schnittstelle	421
4.10.3.3	Firewire (IEEE 1394)	421
4.10.3.4	Serielle Schnittstellen	422
<b>4.11</b>	<b>Datenübertragung</b>	<b>425</b>
4.11.1	Verhalten von Leitungen bei hoher Frequenz	425
4.11.2	Modulation und Demodulation	427
4.11.2.1	Analoge Modulation	427
4.11.2.2	Digitale Modulation	428
4.11.2.3	Demodulation	432
4.11.3	Multiplexverfahren	433
4.11.3.1	Zeitmultiplexverfahren	433
4.11.3.2	Weitere Multiplexverfahren	435
4.11.4	Datennetze und Feldbussysteme	436
4.11.4.1	Begriffe zu Datennetzen	436
4.11.4.2	Netztopologie und Netzzugriffsverfahren	437
4.11.4.3	Übertragungsgeschwindigkeiten	437
4.11.4.4	Ethernet-LAN	438
4.11.4.5	Power over Ethernet (PoE)	442
4.11.4.6	Powerline Communication	443
4.11.4.7	CAN-Bus	444
4.11.4.8	AS-i-Feldbus	446
4.11.4.9	IO-Link	448
4.11.4.10	Gateways für Feldbusse	449
4.11.4.11	PROFIBUS, PROFIBUS-DP	450
4.11.4.12	PROFINET	451
4.11.4.13	PROFIsafe	452
4.11.4.14	Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik mit KNX	453

<b>4.12</b>	<b>All-IP-Technologie</b>	<b>459</b>	<b>5.2.3</b>	<b>GRAFSET</b>	<b>524</b>
4.12.1	Next Generation Network (NGN)	459	5.2.3.1	Die GRAFSET-Struktur	524
4.12.2	Digital Subscriber Line DSL	460	5.2.3.2	Schritte	525
4.12.3	Voice over IP (VoIP), Internettelefonie	462	5.2.3.3	Aktionen	526
<b>4.13</b>	<b>Internet</b>	<b>463</b>	5.2.3.4	Transitionen und Ablaufstrukturen	527
4.13.1	Aufbau des Internet	463	5.2.4	Digitale Steuerungen (Beispiele)	528
4.13.2	Internet-Zugangsarten	464	5.2.5	Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS	529
4.13.3	Kommunikationsprotokolle	465	5.2.5.1	Aufbau und Funktionsweise	529
<b>4.14</b>	<b>Digitalisierung</b>	<b>466</b>	5.2.5.2	Projekt	530
4.14.1	Big Data	466	5.2.5.3	Programmstruktur	531
4.14.2	Internet der Dinge (IoT)	467	5.2.5.4	Programmiersprachen	531
4.14.2.1	Teilnehmer im Verbraucher-IoT	467	5.2.5.5	SPS-Programmerstellung	532
4.14.2.2	IIoT in der Industrie	468	5.2.5.6	Ansteuerung der SPS	534
4.14.3	Gerätekommunikation mit MQTT	469	5.2.5.7	Programmieren in AWL, KOP, FUP	534
4.14.4	Mobile Kommunikation	471	5.2.5.8	Programmieren von Zeitfunktionen	536
4.14.4.1	Mobile Netze	471	5.2.5.9	Zähler in SPS	537
4.14.4.2	Mobilfunksystem GSM	472	5.2.5.10	Ablaufsprache	538
4.14.4.3	LTE 4 und 5 G	473	5.2.5.11	Ablaufsteuerung mit S7-Graph	539
4.14.5	Funknetzwerke mit geringem Energiebedarf (LPWAN)	475	5.2.5.12	Bibliotheksfähige SPS-Bausteine	540
4.14.6	Funkbussysteme	476	5.2.5.13	Strukturierter Text	541
4.14.7	Bluetooth	477	5.2.5.14	Zustandsgraph	542
4.14.8	Funkanwendungen auf ISM-Bändern	479	5.2.5.15	Dokumentation von SPS-Programmen	543
4.14.8.1	Überblick	479	5.2.5.16	Sicherheits-SPS	544
4.14.8.2	Einige ISM-Anwendungen	479	5.2.6	Fertigungsautomatisierung und TIA-Portal	545
4.14.9	WLAN	480	5.2.6.1	TIA-Portal	546
4.14.9.1	WLAN-Betriebsarten	480	5.2.6.2	TIA-Variablen und Konstanten	547
4.14.9.2	Störungen bei Funkübertragung im industriellen Umfeld	481	5.2.6.3	Programmorganisation	548
4.14.10	App mit Android Studio entwickeln	482	5.2.6.4	Bibliotheksfähige Bausteine	549
<b>4.15</b>	<b>Datensicherung und Datenschutz</b>	<b>486</b>	5.2.6.5	TIA-Projekt	551
4.15.1	Maßnahmen zur Datensicherung	486	5.2.7	Programmierungsumgebung CODESYS	552
4.15.2	Maßnahmen gegen unbefugte Nutzung	488	5.2.8	Mensch-Maschine-Schnittstellen	555
4.15.3	Schutz vor Computerviren	490	5.2.9	Kleinsteuerungen	557
4.15.4	Gesetzlicher Datenschutz	491	5.2.9.1	Logo!8 im Netzwerk	560
4.15.5	EU-Datenschutzgrundverordnung DSGVO	492	<b>5.3</b>	<b>Fernwerktechnik</b>	<b>562</b>
4.15.6	Kryptografie	493	5.3.1	Fernwirken und Fernüberwachen	562
4.15.6.1	Einfache Verschlüsselungsverfahren	493	5.3.2	Fernwartung (Remote Control)	564
4.15.6.2	Komplexe Verschlüsselungsverfahren	494	5.3.3	Elektrizitätszähler	566
4.15.7	Passwörter	496	<b>5.4</b>	<b>Regelungstechnik</b>	<b>567</b>
<b>5</b>	<b>Messen, Steuern, Regeln</b>		5.4.1	Grundbegriffe	567
<b>5.1</b>	<b>Messgrößenaufnehmer (Sensoren)</b>	<b>497</b>	5.4.2	Regelungsarten	568
5.1.1	Analoge Sensoren	498	5.4.3	Regelkreisglieder	569
5.1.1.1	Eigenschaften	498	5.4.4	Regler	574
5.1.1.2	Sensoren für Wege, Winkel und Abstände	499	5.4.5	Digitale Regelungstechnik	577
5.1.1.3	Näherungsschalter	505	5.4.5.1	Digitalisierung und Signalabtastung	577
5.1.1.4	Lichtschranken, Lichtvorhänge, Scan-Mikrometer	506	5.4.5.2	Regelalgorithmus	578
5.1.1.5	Sensoren für Kräfte, Dehnungen und Drücke	507	5.4.6	Regelkreise (Beispiele)	581
5.1.1.6	Beschleunigungssensoren	509	5.4.6.1	Regelung von P-Strecken	581
5.1.1.7	Temperatursensoren	510	5.4.6.2	Regelung von I-Strecken	582
5.1.1.8	Sensoren der Sicherheitstechnik	512	5.4.6.3	Einstellen eines Reglers	584
5.1.2	Digitale Weg- und Winkelmessung	514	5.4.6.4	Selbstoptimierende Regler	585
5.1.2.1	Inkrementelle Weg- und Winkelmessung	514	<b>6</b>	<b>Leistungselektronik</b>	
5.1.2.2	Codiermeale und Winkelcodierer	515	<b>6.1</b>	<b>Stromversorgung</b>	<b>586</b>
5.1.2.3	Drehmelder (Synchro)	515	6.1.1	Geräte mit elektrischer Energieversorgung	586
5.1.3	Messwertgeber für elektrische Größen (Messumformer)	516	6.1.2	Leistungsgrenzen am öffentlichen Netz	586
5.1.4	Störungen in Messleitungen	517	6.1.3	Gesteuerte Gleichrichter	589
5.1.5	Bestimmungen für Messeinrichtungen	519	6.1.4	Gleichstromsteller	594
<b>5.2</b>	<b>Steuerungstechnik</b>	<b>520</b>	6.1.5	Wechselrichter	594
5.2.1	Steuerungsarten	520	6.1.6	Durchflusswandler und Sperrwandler	596
5.2.2	Binäre Steuerungen	521	6.1.7	Schaltregler	598
			6.1.8	Industrielle Netzgeräte	601
			6.1.9	SSV-Systeme	603
			<b>6.2</b>	<b>Bemessung von Leitungen</b>	<b>606</b>
			6.2.1	Leitungen der Elektrotechnik	606
			6.2.2	Allgemeine Grundsätze	607

6.2.3	Mindestquerschnitte	607
6.2.4	Strombelastbarkeit	607
6.2.5	Spannungsfall in Wohngebäuden	610
6.2.6	Überlastschutz und Kurzschlusschutz	611
<b>6.3</b>	<b>Elektrische Antriebssysteme auswählen und integrieren</b>	<b>612</b>
6.3.1	Drehbewegungen	612
6.3.2	Kennlinien von Arbeitsmaschinen	613
6.3.3	Kennwerte von Elektromotoren	613
6.3.4	Drehfeldmaschinen	615
6.3.5	Synchronmotoren	616
6.3.6	Reluktanzmotoren	617
6.3.7	Schrittmotoren	618
6.3.8	Piezo-Antriebe	620
6.3.9	Asynchronmotor (Induktionsmotor)	621
6.3.10	Energiesparende Antriebe	624
6.3.11	Stromwendermotoren	625
6.3.12	Linearantriebe	628
6.3.13	Motoren in vier Quadranten betreiben	630
<b>6.4</b>	<b>Steuerung und Regelung elektrischer Antriebe</b>	<b>631</b>
6.4.1	Maschinensicherheit	631
6.4.2	Funktionale Sicherheit	633
6.4.3	Drehzahlsteuerung	634
6.4.3.1	Universalmotor	634
6.4.3.2	Drehzahlsteuerung beim fremderregten Gleichstrommotor	635
6.4.3.3	Gleichstromsteller mit H-Brücke	636
6.4.4	Elektronisch kommutierte Motoren	637
6.4.4.1	Überblick, Vergleich mit Kommutatormotor	637
6.4.4.2	EC-Motor mit Hallsensoren	638
6.4.4.3	Sensorlose Steuerung des EC-Motors	639
6.4.4.4	Vektorregelung eines EC-Motors	640
6.4.4.5	Geschalteter Reluktanzmotor (SRM)	641
6.4.5	Asynchronmotoren steuern	642
6.4.5.1	Motorschutzgeräte	642
6.4.5.2	Motorschutz auswählen	643
6.4.5.3	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren (Ständeranlassverfahren)	645
6.4.6	Drehzahl mit Frequenzumrichter FU steuern	647
6.4.6.1	Frequenzumrichter mit Zwischenkreis	647
6.4.6.2	Pulsweitenmodulation (PWM)	648
6.4.6.3	Zusammenhang zwischen Spannung und Frequenz	650
6.4.6.4	Kurzschlussläufermotoren am Frequenzumrichter betreiben	651
6.4.6.5	Frequenzumrichter auswählen	652
6.4.6.6	Projektaufgabe Positionierung Transportband	653
6.4.6.7	Frequenzumrichter anschließen	655
6.4.7	Servomotoren	656
6.4.7.1	Anforderungen an Servomotoren	656
6.4.7.2	Servomotoren im Antriebssystem	657
6.4.7.3	Messsysteme auswählen	658
6.4.7.4	Achsmechanik einstellen	659
6.4.7.5	Maßbezug herstellen	660
6.4.7.6	Achsen positionieren	660
6.4.7.7	Synchronisieren mehrerer Achsen	662
6.4.7.8	Elektronisches Nockenschaltwerk	663
<b>6.5</b>	<b>Roboter</b>	<b>664</b>
6.5.1	Einteilung	664
6.5.2	Industrieroboter	664
<b>6.6</b>	<b>Bildverarbeitung</b>	<b>668</b>
<b>6.7</b>	<b>Alternative Energieversorgung</b>	<b>670</b>
6.7.1	Solartechnik	670
6.7.1.1	Solarthermie	670
6.7.1.2	Fotovoltaik	671

6.7.2	Windkraftanlagen	673
6.7.3	Brennstoffzellen	675
6.7.4	Hybridantriebe	677
6.7.5	Elektromobilität	678

## 7 Umwelttechnik

<b>7.1</b>	<b>Umweltrecht</b>	<b>679</b>
<b>7.2</b>	<b>Umwelthaftung</b>	<b>679</b>
<b>7.3</b>	<b>Belastung durch elektrotechnische Produkte</b>	<b>680</b>
<b>7.4</b>	<b>Umgang mit Abfall</b>	<b>681</b>
7.4.1	Begriffe der Abfallwirtschaft	681
7.4.2	Träger der Entsorgung	681
7.4.3	Betriebsbeauftragte	682
<b>7.5</b>	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit EMV</b>	<b>683</b>
7.5.1	Bedeutung der EMV	683
7.5.2	Störungen durch elektrische Felder	683
7.5.3	Störungen durch elektromagnetische Felder	686

## 8 Wirtschaftliche Vorgänge

<b>8.1</b>	<b>Betrieb und Umfeld</b>	<b>689</b>
8.1.1	Betrieb und Unternehmen	689
<b>8.2</b>	<b>Geschäftsprozesse</b>	<b>690</b>
<b>8.3</b>	<b>Verkaufsprozesse</b>	<b>693</b>
8.3.1	Verkaufskalkulation	693
8.3.2	Erstellung eines Angebots	693
8.3.3	Verträge	693
8.3.4	Rechnungsstellung	695
<b>8.4</b>	<b>Beschaffungsprozesse</b>	<b>695</b>
<b>8.5</b>	<b>Kundenberatung und Service</b>	<b>697</b>
8.5.1	Umgang mit Kunden	697
8.5.2	Kundenservice	699
8.5.3	Kundenbindung	699
8.5.4	Beschwerdemanagement (Reklamationen)	700
8.5.5	Konformitätserklärung	701
8.5.6	Qualitätsmanagement	702

## 9 Projektaufgabe

## 10 Anhang

<b>10.1</b>	<b>Größen und Einheiten</b>	<b>710</b>
<b>10.2</b>	<b>Mathematische Begriffe und Basiseinheiten</b>	<b>714</b>
<b>10.3</b>	<b>Vorsätze, Größen und Einheiten der IT-Technik – Prefixes, Quantities and Units of IT-Technology</b>	<b>715</b>
<b>10.4</b>	<b>Wichtige Normen</b>	<b>716</b>
<b>10.5</b>	<b>Bildquellenverzeichnis</b>	<b>718</b>
<b>10.6</b>	<b>Verzeichnis der Firmen und Dienststellen</b>	<b>719</b>
<b>10.7</b>	<b>Software- und Literaturverzeichnis</b>	<b>720</b>

## Sachwortverzeichnis