

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----|
| 1 | Grundlagen | |
| 1.1 | Physikalische Größen | 11 |
| 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 |
| 1.2 | Elektrotechnische Grundgrößen | 15 |
| 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 |
| 1.3 | Grundschaltungen | 26 |
| 1.3.1 | Bezugsfeile | 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 |
| 1.4 | Leistung, Arbeit, Wärme | 35 |
| 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 |
| 1.5 | Spannungsquelle | 44 |
| 1.5.1 | Arten der Spannungsquelle | 44 |
| 1.5.2 | Belastungsfälle einer Spannungsquelle | 45 |
| 1.5.3 | Anpassung | 46 |
| 1.5.4 | Schaltungen von Spannungsquellen | 48 |
| 1.5.5 | Ersatzspannungsquelle und Ersatzstromquelle | 49 |
| 1.6 | Wechselspannung und Wechselstrom | 50 |
| 1.7 | Spannung und elektrisches Feld | 57 |
| 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 |
| 1.8 | Strom und Magnetfeld | 68 |
| 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 | |
| 1.8.6 | Bauformen der Spulen | |
| 1.9 | Halbleiter | 89 |
| 1.9.1 | Kristallaufbau | 89 |
| 1.9.2 | Eigenleitung | 89 |
| 1.9.3 | Störstellenleitung | 89 |
| 1.9.4 | Halbleiterdioden | 90 |
| 1.9.4.1 | Sperrsicht | 90 |
| 1.9.4.2 | Sperrsichtkapazität | 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 |
| 1.10 | Schaltungstechnik und Funktionsanalyse | 102 |
| 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 | Schützschaltungen | 107 |
| 1.10.6 | Schaltungen mit Zeitschaltern | 109 |
| 1.11 | Werkstoffe und Leitungen | 110 |
| 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 | |
| 2.1 | Blindwiderstände an Sinuswechselspannung | 121 |
| 2.1.1 | Wechselstromwiderstand des Kondensators | 121 |
| 2.1.2 | Wechselstromwiderstand der Spule | 122 |
| 2.1.3 | Schaltungen von nicht gekoppelten Spulen | 123 |
| 2.2 | RC-Schaltungen und RL-Schaltungen | 124 |
| 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 |
| 2.3 | Schwingkreise | 137 |
| 2.3.1 | Reihenschwingkreis | 137 |
| 2.3.2 | Parallelschwingkreis | 138 |
| 2.3.3 | Kenn- und Resonanzfrequenz | 139 |
| 2.3.4 | Bandbreite und Güte | 140 |
| 2.4 | Leistungen bei Wechselstrom | 141 |
| 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 Speicher-Oszilloskop 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 |
| 2.5 | Transformatoren | 150 | 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 | 2.12 | Schutzmaßnahmen | 245 |
| 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 |
| 2.6 | Weitere elektronische Bauelemente | 159 | 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 | | | |
| 2.7 | Laser | 181 | | | |
| 2.8 | Elektronische Schaltungen mit Strom versorgen | 184 | 3.1 | Einführung in die Digitaltechnik | 257 |
| 2.8.1 | Netzgeräte | 184 | 3.1.1 | Dualcode | 257 |
| 2.8.2 | Prinzip der Gleichrichtung | 184 | 3.1.2 | Binäre Elemente | 258 |
| 2.8.3 | Gleichrichterschaltungen | 185 | 3.1.3 | Grundlagen der Schaltalgebra | 261 |
| 2.8.4 | Glätten der gleichgerichteten Spannung | 188 | 3.1.4 | Analyse und Synthese von Schaltungen | 263 |
| 2.8.5 | Stabilisieren | 190 | 3.1.5 | Binäre Elemente mit besonderen Ausgängen | 264 |
| 2.8.5.1 | Stabilisierungsfaktor | 190 | 3.1.6 | Digitale Schaltkreise | 265 |
| 2.8.5.2 | Lineare Spannungsregler | 191 | 3.1.7 | Daten von binären Elementen | 266 |
| 2.8.5.3 | Lineare Spannungsregler-ICs | 193 | 3.1.8 | Karnaugh-Diagramm | 268 |
| 2.8.6 | Projektaufgabe Netzteile | 195 | 3.1.9 | Binärcodes | 270 |
| 2.9 | Verstärker | 198 | 3.1.9.1 | BCD-Codes | 270 |
| 2.9.1 | Grundbegriffe | 198 | 3.1.9.2 | Gray-Code | 271 |
| 2.9.2 | Verstärker mit bipolaren Transistoren | 202 | 3.1.9.3 | Strichcodes (Barcodes) | 271 |
| 2.9.2.1 | Verstärkergrundschaltungen | 202 | 3.1.9.4 | Flächencodes | 273 |
| 2.9.2.2 | Arbeitspunkt | 203 | 3.1.9.5 | Codeleser | 273 |
| 2.9.2.3 | Emitterschaltung | 204 | 3.1.9.6 | Darstellung von alphanumerischen Zeichen | 274 |
| 2.9.2.4 | Gegenkopplung | 206 | 3.1.10 | Anwendung Codeumsetzer | 275 |
| 2.9.2.5 | Gegentaktschaltungen | 207 | 3.2 | Sequentielle Digitaltechnik (Schaltwerke) | 276 |
| 2.9.3 | Verstärker mit Feldeffekttransistoren | 208 | 3.2.1 | Binärspeicher | 276 |
| 2.9.4 | Verstärker für den D-Betrieb | 211 | 3.2.2 | Asynchrone Kippglieder (Flipflops) | 278 |
| 2.9.5 | Operationsverstärker | 212 | 3.2.3 | Synchrone Kippglieder (Flipflops) | 279 |
| 2.9.5.1 | Eigenschaften | 212 | 3.2.4 | Monoflops und Verzögerungselemente | 282 |
| 2.9.5.2 | Schaltungsaufbau | 213 | 3.2.5 | Asynchrone Zähler | 283 |
| 2.9.5.3 | Betriebsverhalten | 213 | 3.2.6 | Synchrone Zähler | 285 |
| 2.9.5.4 | Grundschaltungen | 214 | 3.2.6.1 | Wertetabelle und Zeitablaufdiagramm | 285 |
| 2.9.6 | Treiberverstärker | 220 | 3.2.6.2 | Schaltfunktionen aus der Wertetabelle | 285 |
| 2.10 | Generatoren und Kippschaltungen | 221 | 3.2.6.3 | Zähler mit T-Kippgliedern | 286 |
| 2.10.1 | Sinusgeneratoren | 221 | 3.2.7 | Zähldekaden | 288 |
| 2.10.2 | Sägezahngenerator | 223 | 3.2.8 | Schieberegister | 290 |
| 2.10.3 | Elektronische Schalter | 223 | 3.2.9 | Zähler mit Codeumsetzer | 292 |
| 2.10.4 | Bistabile Kippschaltung | 224 | 3.2.10 | Frequenzteiler | 293 |
| 2.10.5 | Zeitgeberbaustein NE555 | 224 | 3.2.11 | Projektaufgabe Signalaufbereitung | 294 |
| 2.10.6 | Monostabile Kippschaltung | 225 | 3.3 | Anwendungen der Digitaltechnik | 296 |
| 2.10.7 | Astabile Kippschaltung (Rechteckgenerator) | 226 | 3.3.1 | Programmierbare Logikelemente | 296 |
| 2.10.8 | Schwellwertschalter | 227 | 3.3.1.1 | Aufbau und Programmierung | 296 |
| 2.11 | Messgeräte | 228 | 3.3.1.2 | PAL-Schaltkreise | 297 |
| 2.11.1 | Zeigermessgeräte | 228 | 3.3.1.3 | Schaltkreise mit zwei programmierbaren Feldern | 300 |
| 2.11.2 | Digitalmultimeter | 229 | 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 | 4.7.3 | Befehlszeilenkommandos | 376 |
| 3.3.2 | Binäre Übertragungsfehler erkennen | 306 | 4.7.4 | Windows anwenden | 378 |
| 3.4 | DA-Umsetzer und AD-Umsetzer | 307 | 4.7.4.1 | Installation von Anwendersoftware | 379 |
| 3.4.1 | Digital-Analog-Umsetzer | 307 | 4.7.4.2 | Dateiverwaltung | 380 |
| 3.4.2 | Analog-Digital-Umsetzer | 308 | 4.7.4.3 | Konfigurieren von Windows | 381 |
| 3.4.2.1 | Momentanwert-AD-Umsetzer | 308 | 4.7.5 | Linux anwenden | 382 |
| 3.4.2.2 | Integrierende AD-Umsetzer | 310 | 4.8 | Datenbank, Tabellenkalkulation, Präsentation, Lernplattform | 384 |
| | | | 4.8.1 | Datenbanksystem Access | 384 |
| | | | 4.8.2 | Tabellenkalkulation | 388 |
| | | | 4.8.3 | Präsentationsprogramm PowerPoint | 392 |
| | | | 4.8.4 | Lernen mit Moodle | 394 |
| 4 | Datentechnik | | 4.9 | Speichertechnik | 396 |
| 4.1 | PC-System | 313 | 4.9.1 | RAM | 396 |
| 4.1.1 | Bestandteile eines PC-Systems | 313 | 4.9.2 | ROM | 398 |
| 4.1.2 | Externe Schnittstellen am PC | 314 | 4.9.3 | Speicheradressierung | 399 |
| 4.1.3 | Tastatur des PC | 315 | 4.9.4 | Datenzugriff | 400 |
| 4.1.4 | Inbetriebnahme eines PC | 315 | 4.9.5 | Festplattenspeicher | 401 |
| 4.1.5 | PCI-Express-Schnittstelle | 316 | 4.9.6 | Halbleiterlaufwerke | 403 |
| 4.2 | Merkmale und Arten von Computeranlagen | 317 | 4.9.7 | Optische Speicher | 404 |
| 4.2.1 | Leistungsfähigkeit | 317 | 4.9.8 | Speicher für Backup | 406 |
| 4.2.2 | Arten von Computern | 317 | 4.9.9 | Chipkarten | 408 |
| 4.2.3 | Client-Server-Systeme | 319 | 4.9.10 | RFID-Transponder | 410 |
| 4.2.4 | Aufgabenbereiche von Computern | 320 | 4.10 | Dateneingabe und Datenausgabe | 411 |
| 4.3 | Mikrocomputer | 321 | 4.10.1 | Eingabegeräte | 411 |
| 4.3.1 | Aufbau eines Mikrocomputers | 321 | 4.10.1.1 | Tastaturen | 411 |
| 4.3.2 | Wirkungsweise von Mikroprozessoren | 322 | 4.10.1.2 | Dateneingabe am Bildschirm | 411 |
| 4.3.3 | Mikroprozessorfamilie x86 | 324 | 4.10.1.3 | Befehls- und Dateneingaben durch Gestik und Tracking | 413 |
| 4.3.4 | Weitere Mikroprozessoren | 326 | 4.10.1.4 | Scanner | 414 |
| 4.3.5 | Speicherverwaltungen | 327 | 4.10.1.5 | Ausgabegeräte | 414 |
| 4.3.5.1 | Adressierungsarten | 327 | 4.10.2.1 | Drucker | 414 |
| 4.3.5.2 | FIFO-Speicherverwaltung | 328 | 4.10.2.2 | 3D-Drucker | 416 |
| 4.3.5.3 | Stack-Speicherverwaltung | 328 | 4.10.2.3 | Displays und Beamer | 418 |
| 4.3.5.4 | Virtuelle Speicherverwaltung | 329 | 4.10.2.4 | Interaktives Whiteboard | 419 |
| 4.4 | Systementwicklung | 331 | 4.10.3 | Schnittstellen für peripherie Geräte | 420 |
| 4.4.1 | Systemanalyse, Aufgabenanalyse | 331 | 4.10.3.1 | Aufgaben und Art der Schnittstellen | 420 |
| 4.4.2 | Agiles Projektmanagement | 334 | 4.10.3.2 | USB-Schnittstelle | 421 |
| 4.4.3 | Programmentwicklung | 335 | 4.10.3.3 | Firewire (IEEE 1394) | 421 |
| 4.4.4 | CPU-Programmierung mit Hochsprachen | 336 | 4.10.3.4 | Serielle Schnittstellen | 422 |
| 4.5 | Programmieren mit Visual C# | 339 | 4.11 | Datenübertragung | 425 |
| 4.5.1 | Begriffe des Programmierens | 339 | 4.11.1 | Verhalten von Leitungen bei hoher Frequenz | 425 |
| 4.5.2 | Strukturierte Anweisungen | 340 | 4.11.2 | Modulation und Demodulation | 427 |
| 4.5.3 | Programmieren in Visual C# | 342 | 4.11.2.1 | Analoge Modulation | 427 |
| 4.5.4 | Vereinbarungen (Deklarationen) | 343 | 4.11.2.2 | Digitale Modulation | 428 |
| 4.5.5 | Methoden für die Eingabe und Ausgabe | 345 | 4.11.2.3 | Demodulation | 432 |
| 4.5.6 | Operatoren und Ausdrücke | 347 | 4.11.3 | Multiplexverfahren | 433 |
| 4.5.7 | Bedingte Anweisungen | 348 | 4.11.3.1 | Zeitmultiplexverfahren | 433 |
| 4.5.8 | Inkrementoperatoren und Dekrementoperatoren | 350 | 4.11.3.2 | Weitere Multiplexverfahren | 435 |
| 4.5.9 | Iterationsanweisungen | 350 | 4.11.4 | Datennetze und Feldbusssysteme | 436 |
| 4.5.10 | Vergleich der Schleifenanweisungen | 352 | 4.11.4.1 | Begriffe zu Datennetzen | 436 |
| 4.6 | Mikrocontroller | 353 | 4.11.4.2 | Netztopologie und Netzzugriffsverfahren | 437 |
| 4.6.1 | Allgemeines | 353 | 4.11.4.3 | Übertragungsgeschwindigkeiten | 437 |
| 4.6.2 | AVR-Mikrocontroller | 356 | 4.11.4.4 | Ethernet-LAN | 438 |
| 4.6.3 | Raspberry Pi | 357 | 4.11.4.5 | Power over Ethernet (PoE) | 442 |
| 4.6.4 | Programmierung von Mikrocontrollern | 360 | 4.11.4.6 | Powerline Communication | 443 |
| 4.6.4.1 | Programmierung von Mikrocontrollern in C | 362 | 4.11.4.7 | CAN-Bus | 444 |
| 4.6.5 | ARDUINO | 364 | 4.11.4.8 | AS-i-Feldbus | 446 |
| 4.6.6 | Online-Programmierung mit Mbed OS 5 | 366 | 4.11.4.9 | IO-Link | 448 |
| 4.6.6.1 | Einrichten von Mbed für Nucleo F103RB | 366 | 4.11.4.10 | Gateways für Feldbusse | 449 |
| 4.6.6.2 | Programme für Nucleo-F103RB erstellen | 367 | 4.11.4.11 | PROFIBUS, PROFIBUS-DP | 450 |
| 4.6.6.3 | Anwendungen programmieren für Nucleo-F103RB | 368 | 4.11.4.12 | PROFINET | 451 |
| 4.6.7 | Periphere Busse | 369 | 4.11.4.13 | PROFIsafe | 452 |
| 4.6.7.1 | I ² C-Bus | 369 | 4.11.4.14 | Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik mit KNX | 453 |
| 4.7 | Betriebssystem | 373 | | | |
| 4.7.1 | Aufgaben eines Betriebssystems | 373 | | | |
| 4.7.2 | BIOS und UEFI | 374 | | | |

| | | | | | |
|-------------|---|------------|------------|--|------------|
| 4.12 | All-IP-Technologie | 459 | 5.2.3 | GRAFCET | 524 |
| 4.12.1 | Next Generation Network (NGN) | 459 | 5.2.3.1 | Die GRAFCET-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 |
| 4.13 | Internet | 463 | 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 |
| 4.14 | Digitalisierung | 466 | 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 | IoT 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 |
| 4.15 | Datensicherung und Datenschutz | 486 | 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 | 5.3 | Fernwirktechnik | 562 |
| 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 | 5.4 | Regelungstechnik | 567 |
| | | | 5.4.1 | Grundbegriffe | 567 |
| | | | 5.4.2 | Regelungsarten | 568 |
| | | | 5.4.3 | Regelkreisglieder | 569 |
| | | | 5.4.4 | Regler | 574 |
| | | | 5.4.5 | Digitale Regelungstechnik | 577 |
| | | | 5.4.5.1 | Digitalisierung und Signalabtastung | 577 |
| | | | 5.4.5.2 | Regelalgorithmus | 578 |
| | | | 5.4.6 | Regelkreise (Beispiele) | 581 |
| | | | 5.4.6.1 | Regelung von P-Strecken | 581 |
| | | | 5.4.6.2 | Regelung von I-Strecken | 582 |
| | | | 5.4.6.3 | Einstellen eines Reglers | 584 |
| | | | 5.4.6.4 | Selbstoptimierende Regler | 585 |

5 Messen, Steuern, Regeln

| | | |
|------------|---|------------|
| 5.1 | Messgrößenaufnehmer (Sensoren) | 497 |
| 5.1.1 | Analoge Sensoren | 498 |
| 5.1.1.1 | Eigenschaften | 498 |
| 5.1.1.2 | Sensoren für Wege, Winkel und Abstände | 499 |
| 5.1.1.3 | Näherungsschalter | 505 |
| 5.1.1.4 | Lichtschranken, Lichtvorhänge, Scan-Mikrometer | 506 |
| 5.1.1.5 | Sensoren für Kräfte, Dehnungen und Drücke | 507 |
| 5.1.1.6 | Beschleunigungssensoren | 509 |
| 5.1.1.7 | Temperatursensoren | 510 |
| 5.1.1.8 | Sensoren der Sicherheitstechnik | 512 |
| 5.1.2 | Digitale Weg- und Winkelmessung | 514 |
| 5.1.2.1 | Inkrementelle Weg- und Winkelmessung | 514 |
| 5.1.2.2 | Codelineale und Winkelcodierer | 515 |
| 5.1.2.3 | Drehmelder (Synchro) | 515 |
| 5.1.3 | Messwertgeber für elektrische Größen (Messumformer) | 516 |
| 5.1.4 | Störungen in Messleitungen | 517 |
| 5.1.5 | Bestimmungen für Messeinrichtungen | 519 |
| 5.2 | Steuerungstechnik | 520 |
| 5.2.1 | Steuerungsarten | 520 |
| 5.2.2 | Binäre Steuerungen | 521 |

6 Leistungselektronik

| | | |
|------------|---|------------|
| 6.1 | Stromversorgung | 586 |
| 6.1.1 | Geräte mit elektrischer Energieversorgung | 586 |
| 6.1.2 | Leistungsgrenzen am öffentlichen Netz | 586 |
| 6.1.3 | Gesteuerte Gleichrichter | 589 |
| 6.1.4 | Gleichstromsteller | 594 |
| 6.1.5 | Wechselrichter | 594 |
| 6.1.6 | Durchflusswandler und Sperrwandler | 596 |
| 6.1.7 | Schaltregler | 598 |
| 6.1.8 | Industrielle Netzgeräte | 601 |
| 6.1.9 | SSV-Systeme | 603 |
| 6.2 | Bemessung von Leitungen | 606 |
| 6.2.1 | Leitungen der Energietechnik | 606 |
| 6.2.2 | Allgemeine Grundsätze | 607 |

| | | | | | |
|------------|--|------------|-----------|---|-----|
| 6.2.3 | Mindestquerschnitte | 607 | 6.7.2 | Windkraftanlagen | 673 |
| 6.2.4 | Strombelastbarkeit | 607 | 6.7.3 | Brennstoffzellen | 675 |
| 6.2.5 | Spannungsfall in Wohngebäuden | 610 | 6.7.4 | Hybridantriebe | 677 |
| 6.2.6 | Überlastschutz und Kurzschlusschutz | 611 | 6.7.5 | Elektromobilität | 678 |
| 6.3 | Elektrische Antriebssysteme auswählen und integrieren | 612 | | | |
| 6.3.1 | Drehbewegungen | 612 | 7 | Umwelttechnik | |
| 6.3.2 | Kennlinien von Arbeitsmaschinen | 613 | 7.1 | Umweltrecht | 679 |
| 6.3.3 | Kennwerte von Elektromotoren | 613 | 7.2 | Umwelthaftung | 679 |
| 6.3.4 | Drehfeldmaschinen | 615 | 7.3 | Belastung durch elektrotechnische Produkte | 680 |
| 6.3.5 | Synchronmotoren | 616 | 7.4 | Umgang mit Abfall | 681 |
| 6.3.6 | Reluktanzmotoren | 617 | 7.4.1 | Begriffe der Abfallwirtschaft | 681 |
| 6.3.7 | Schrittmotoren | 618 | 7.4.2 | Träger der Entsorgung | 681 |
| 6.3.8 | Piezo-Antriebe | 620 | 7.4.3 | Betriebsbeauftragte | 682 |
| 6.3.9 | Asynchronmotor (Induktionsmotor) | 621 | 7.5 | Elektromagnetische Verträglichkeit EMV | 683 |
| 6.3.10 | Energiesparende Antriebe | 624 | 7.5.1 | Bedeutung der EMV | 683 |
| 6.3.11 | Stromwendermotoren | 625 | 7.5.2 | Störungen durch elektrische Felder | 683 |
| 6.3.12 | Linearantriebe | 628 | 7.5.3 | Störungen durch elektromagnetische Felder | 686 |
| 6.3.13 | Motoren in vier Quadranten betreiben | 630 | | | |
| 6.4 | Steuerung und Regelung elektrischer Antriebe | 631 | | | |
| 6.4.1 | Maschinensicherheit | 631 | 8 | Wirtschaftliche Vorgänge | |
| 6.4.2 | Funktionale Sicherheit | 633 | 8.1 | Betrieb und Umfeld | 689 |
| 6.4.3 | Drehzahlsteuerung | 634 | 8.1.1 | Betrieb und Unternehmen | 689 |
| 6.4.3.1 | Universalmotor | 634 | 8.2 | Geschäftsprozesse | 690 |
| 6.4.3.2 | Drehzahlsteuerung beim fremderregten Gleichstrommotor | 635 | 8.3 | Verkaufsprozesse | 693 |
| 6.4.3.3 | Gleichstromsteller mit H-Brücke | 636 | 8.3.1 | Verkaufskalkulation | 693 |
| 6.4.4 | Elektronisch kommutierte Motoren | 637 | 8.3.2 | Erstellung eines Angebots | 693 |
| 6.4.4.1 | Überblick, Vergleich mit Kommutatormotor | 637 | 8.3.3 | Verträge | 693 |
| 6.4.4.2 | EC-Motor mit Hallsensoren | 638 | 8.3.4 | Rechnungsstellung | 695 |
| 6.4.4.3 | Sensorlose Steuerung des EC-Motors | 639 | 8.4 | Beschaffungsprozesse | 695 |
| 6.4.4.4 | Vektorregelung eines EC-Motors | 640 | 8.5 | Kundenberatung und Service | 697 |
| 6.4.4.5 | Geschalteter Reluktanzmotor (SRM) | 641 | 8.5.1 | Umgang mit Kunden | 697 |
| 6.4.5 | Asynchronmotoren steuern | 642 | 8.5.2 | Kundenservice | 699 |
| 6.4.5.1 | Motorschutzgeräte | 642 | 8.5.3 | Kundenbindung | 699 |
| 6.4.5.2 | Motorschutz auswählen | 643 | 8.5.4 | Beschwerdemanagement (Reklamationen) | 700 |
| 6.4.5.3 | Anlassen von Kurzschlussläufermotoren (Ständeranlassverfahren) | 645 | 8.5.5 | Konformitätserklärung | 701 |
| 6.4.6 | Drehzahl mit Frequenzumrichter FU steuern | 647 | 8.5.6 | Qualitätsmanagement | 702 |
| 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 | 9 | Projektaufgabe | |
| 6.4.7.2 | Servomotoren im Antriebssystem | 657 | | | |
| 6.4.7.3 | Messsysteme auswählen | 658 | 10 | Anhang | |
| 6.4.7.4 | Achsmechanik einstellen | 659 | 10.1 | Größen und Einheiten | 710 |
| 6.4.7.5 | Maßbezug herstellen | 660 | 10.2 | Mathematische Begriffe und Basiseinheiten | 714 |
| 6.4.7.6 | Achsen positionieren | 660 | 10.3 | Vorsätze, Größen und Einheiten der IT-Technik – Prefixes, Quantities and Units of IT-Technology | 715 |
| 6.4.7.7 | Synchronisieren mehrerer Achsen | 662 | 10.4 | Wichtige Normen | 716 |
| 6.4.7.8 | Elektronisches Nockenschaltwerk | 663 | 10.5 | Bildquellenverzeichnis | 718 |
| 6.5 | Roboter | 664 | 10.6 | Verzeichnis der Firmen und Dienststellen | 719 |
| 6.5.1 | Einteilung | 664 | 10.7 | Software- und Literaturverzeichnis | 720 |
| 6.5.2 | Industrieroboter | 664 | | | |
| 6.6 | Bildverarbeitung | 668 | | | |
| 6.7 | Alternative Energieversorgung | 670 | | | |
| 6.7.1 | Solartechnik | 670 | | | |
| 6.7.1.1 | Solarthermie | 670 | | | |
| 6.7.1.2 | Fotovoltaik | 671 | | | |

Sachwortverzeichnis