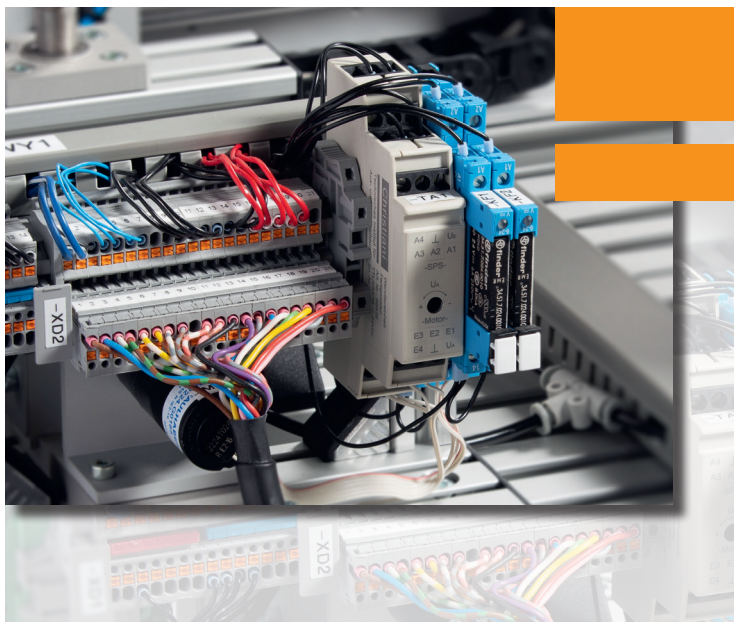


Leseprobe

Christiani

seit 1931

Tabellenbuch Mechatronik mit Formelsammlung



Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG
www.christiani.de

Inhalt

Grundlagen	22
Mathematische Grundlagen	23
Mathematische Zeichen	23
Dreisatzrechnung	23
Prozentrechnung	24
Radizieren (Wurzelrechnung)	24
Satz des Pythagoras	25
Höhensatz	25
Winkelfunktionen im rechtwinkligen Dreieck	25
Winkelfunktionen im schiefwinkligen Dreieck	25
Formelumstellung	26
Flächenberechnung	27
Schwerpunkt von Flächen	29
Schwerpunktberechnung	30
Volumenberechnung	30
Volumen, Oberflächen	31
Masse, längenbezogene Masse	33
Dichte von Stoffen	34
Zahlensysteme	35
Vergleich zwischen Zahlensystemen	35
Umwandlung von Zahlensystemen	36
Umrechnungstabelle Hexadezimal – Dezimal	36
Rechnen mit Dualzahlen	36
Codes	37
Physikalische Grundlagen	40
Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten	40
Römische Zahlen, griechisches Alphabet	41
Formelzeichen und Einheiten	42
Physikalische Formeln	44
Mechanik	45
Kraft, Bewegung	46
Mechanik	47
Einfache Antriebe	48
Hebel, Drehmoment	49
Arbeit	50
Leistung	52
Fluidtechnik	53
Wärme	59
Symbole der Metalltechnik	72
Bildzeichen der Handhabungstechnik	78
Bildzeichen für NC-Werkzeugmaschinen	78
Elektrotechnische Grundlagen	81
Formeln der Elektrotechnik	81
Symbole und Schaltzeichen der Elektrotechnik	102
Bauelemente	110
Elektrische Widerstände	110
Nichtlineare Widerstände	112
Kondensatoren	114
Halbleiterbauelemente	117
Logische Verknüpfungen	126
Kühlung von Halbleiterbauelementen	132

4

Tabellen.....	133
Spezifische Leitfähigkeit, Temperaturbeiwert	133
Beziehung zwischen Einheiten.....	134
Dielektrizitätszahlen fester und flüssiger Stoffe	136
Stoffabscheidung durch Elektrolyse (Galvanisieren).....	137
Spannungsreihe der Elemente	137
Lote.....	138
Kunststoffe	138
Widerstandswerkstoffe.....	140
Heizleiterwerkstoffe	141
Kontaktwerkstoffe	141
Wichtige VDE-Vorschriften der Elektrotechnik.....	141
Energieeffizienz	143
Technische Dokumentation.....	144
Normung	145
Technisches Zeichnen	145
Papierformate	145
Beschriftung.....	145
Darstellung elektrischer Objekte	146
Leiter und Leiteranschlüsse.....	146
Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel bis 2000	146
Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel (Objekte) – aktuelle Norm.....	147
Kennbuchstaben zur Objektklassifizierung – Eingangsklassen Tabelle 2	148
Klassifizierungsschema laut Tabelle 3 (Auswahl)	149
Klassifizierungsschema für Räume laut Tabelle 4 (Auswahl)	152
Kennbuchstaben gemessener Variablen	153
Kennzeichnung in fluidtechnischen Systemen	153
Darstellung nach DIN ISO 1219	154
Kennzeichnung einer pneumatischen Anlage nach Haupt- und Unterklassen.....	154
Kennzeichnung einer Hydraulikanlage nach Haupt- und Unterklassen.....	155
Stromlaufpläne.....	156
Regeln für Stromlaufpläne.....	156
Übersichtsschaltplan	156
Betriebsmittelanschlüsse	156
Darstellung mit Betriebsmittelanschlüssen	157
Technische Daten und Fertigungshinweise	157
Leitungsverbindungen	157
Öffner und Schließer.....	157
Klemmen.....	157
Klemmverbindungen.....	157
Lage der Betriebsmittel.....	159
Kontakttabellen	159
Hauptstromkreis und Steuerstromkreis	160
Anschlussstabelle (Klemmenplan)	162
Kabelplan.....	162
Anordnungsplan.....	162
Stromlaufpläne.....	163
Ortsbezogene Pläne.....	163
Programmablaufplan (Flussdiagramm)	164
Elementare Programmstrukturen	165
CAD	166
Koordinatensysteme	166
Modellarten und deren Anwendungen.....	166

Feste und parametrische Modelle.....	167
Normteillbibliotheken	167
Datenaustauschformate	167
Normung	168
Maßstab	168
Technisches Zeichnen, Grundlagen	169
Zeichnungsvordrucke und Papierformate.....	169
Grundschriftfeld	170
Stückliste	171
Positionsnummer	171
Linienarten und ihre Anwendung (Mechanische Technik).....	172
Projektionen (Isometrie, Dimetrie)	174
Projektionsmethoden.....	175
Ansichten in Zeichnung	176
Schnittansichten und Schraffuren.....	178
Bemaßung.....	179
Systeme der Maßeintragung	180
Arten der Maßeintragung.....	181
Bemaßung von Durchmesser, Radien, Kugel (sphärisch) und Bogen	183
Bemaßung von Vierkant, Schlüsselweiten, Rechtecken, Neigungen und Verjüngungen	184
Bemaßung von Fasen, Senkungen	185
Bemaßung von Nuten und Einstichen	186
Bemaßung wiederholte Elemente, Abwicklungen, dünne Teile	187
Weitere Regeln der Maßeintragung, Kennzeichnungshinweise	188
ISO GPS (Geometrische Produktspezifikation)	189
ISO GPS	189
Aufbau des ISO-GPS-Normensystems, Elementare Grundsätze	189
Modifikatoren für Toleranzzone, Geometrieelement und Merkmal – Verwendung im Toleranzindikator	190
Spezifikationsmodifikatoren für lineare Größenmaße	191
Hüllbedingung, Taylor'scher Prüfgrundsatz	192
Minimum-, Maximum-Materialbedingung und Reziprozitätsbedingung.....	193
Indikatoren für Ebenen- und Geometrieelemente („GE“)	194
Zusätzliche Modifikatoren, Symbole und Abkürzungen.....	195
Form- und Lagetolerierung	197
Normgerechte Zeichnungseintragungen	197
Übersicht der Bezugsarten, Einzelbezug, Gemeinsame Bezüge, Bezugssystem.....	198
Übersicht der Form- und Lagetoleranzen	199
Formtoleranzen.....	199
Lagetoleranzen, Richtungstoleranzen	200
Lagetoleranzen, Ortstoleranzen	201
Toleranzen, Grundbegriffe	202
Allgemeintoleranzen	204
Allgemeintoleranzen für Längen und Winkelmaße	204
Allgemeintoleranzen im ISO GPS Normensystem (ISO 8015:2011)	205
ISO-System für Grenzmaße und Passungen	206
Grundbegriffe.....	206
Grundtoleranzen, Auswahl von Toleranzklassen	207
Grundabmaße für Wellen (Auswahl).....	208
Grundabmaße für Bohrungen (Auswahl).....	209
Grenzmaße, Grenzabmaße, Toleranzen, Passungsberechnung.....	210
System Einheitsbohrung.....	211
System Einheitswelle.....	213

6

Technische Oberflächen.....	216
Oberflächenangaben	216
Senkungen, Darstellung von Sicherungsringen	220
Senkungen.....	220
Darstellung von Sicherungsringen und Nuten für Sicherungsringe	222
Gewinde	223
Metrisches Gewinde – Gewindeabmessungen, Schlüsselweite, Eckenmaß	223
Gewindeausläufe und Gewindefreistiche	224
Zentrierbohrungen	226
Rändel	227
Freistiche	228
Freistiche, Zeichnungsangabe (Beispiele).....	228
Freistiche	228
Werkstückkanten.....	229
Werkstückkanten außen	229
Werkstückkanten innen	229
Butzen an Drehteilen	229
Werkstückkanten	230
Wärmebehandlung	231
Zeichnungseintrag (Beispiel)	231
Kennzeichnung örtlicher begrenzter Oberflächenbereiche	231
Werkstückzustand, Angaben	231
Grenzhärten und Oberflächenmindesthärten.....	231
Angaben zur Wärmebehandlung von Werkstücken in Zeichnungen (Beispiele)	232
Einhärtungstiefen und Toleranzen in mm (Auswahl).....	232
Schweißen und Löten	233
Grundsymbole Schweißen und Löten	233
Darstellung, Kennzeichnung von Schweißnähten	233
Grundsymbole Schweißen und Löten	234
Stoßarten	234
Nahtarten.....	235
Schweißpositionen.....	237
Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen	237
Werkstofftechnik	238
Allgemein.....	239
Periodensystem der Elemente.....	239
Stoffwerte	240
pH-Wert	242
Spezifische Heizwerte für Brennstoffe.....	242
Chemische Stoffe und Formeln	242
Bezeichnungssystem.....	243
Kurzbezeichnung für Stähle, Verwendungszweck	243
Grenzgehalte Stähle, Legierungselemente	246
Kurzbezeichnung für Stähle, chemische Zusammensetzung.....	247
Zusatzsymbole Stähle	248
Stahlsorten	249
Baustähle.....	249
Automatenstähle.....	250
Einsatzstähle	250
Vergütungsstähle	251

Nitrierstähle	252
Federstähle	253
Nichtrostende Stähle	253
Druckbehälterstähle	255
Werkzeugstähle	256
Schnellarbeitsstähle (C-Gehalt ca. 0,9 %)	256
Unlegierte und legierte Kaltarbeitsstähle, Warmarbeitsstähle, Schnellarbeitsstähle	257
Stahl-Fertigerzeugnisse	258
Bleche, Bänder	258
Längen-/flächenbezogene Massen, Oberfläche, Gewichtskräfte	259
Warmgewalzter Stabstahl	263
Stähle, Bleche, Bänder, Profile	265
Rohre, Hohlprofile	269
Gusseisen	273
Bezeichnung	273
Gusseisen mit Lamellengrafit, Gusseisen mit Kugelgrafit, Temperguss, Stahlguss	274
Wärmebehandlung	277
Einsatz-, Vergütungs-, Automaten-, Nitrier-, Werkzeugstähle	277
Nicht-Eisen-Metalle	284
Kurzbezeichnung für Aluminium	284
Aluminium-Legierungen, chemische Zusammensetzung	286
Aluminium-Legierungen, mechanische Eigenschaften	289
Längen-/flächenbezogene Massen, Biegeradien	290
Gezogene Profile – rund, Vierkant, flach, Rohre, L, U, T	291
Magnesiumlegierungen	294
Gleitlagerwerkstoffe, Sinterwerkstoffe	296
Korrosion, Korrosionsschutz, Oberflächenbehandlung	298
Kunststoffe	304
Einteilung und Unterscheidungsmerkmale der Kunststoffe	304
Eigenschaften Kunststoffe	308
Abmessungen Kunststoffe	313
Verbundwerkstoffe	315
Werkstoffprüfung	317
Werkstoffprüfung von Metallen	317
Werkstoffprüfung von Kunststoffen	324
Zerstörungsfreie Prüfung	326
Einsatzbereiche zerstörungsfreie Prüfung	327
Mess- und Prüftechnik	328
Messtechnik	329
Grundbegriffe der elektrotechnischen Messtechnik	329
Darstellung von Messgrößen	330
Genauigkeitsklasse	330
Sinnbilder zur Beschriftung von Messgeräten	330
Zeigermessgeräte	331
Digitale Multimeter	331
Wandler/Stromzange	332
Messschaltungen	333
Elektrizitätszähler	334
Elektronischer Zähler	335
Messen mit dem Oszilloskop	336
Schaltzeichen von Messkettengliedern	338
Grundbegriffe der metalltechnischen Messtechnik	339

8

Grundsätze der Längenprüftechnik, Messgeräte und Lehren	342
Grundsätze der Längenprüftechnik	342
Messschieber	343
Messschrauben	344
Innenmessschrauben	345
Messuhren	347
Fühlhebelmessgeräte	348
Winkelmessgeräte	348
Fehlerquellen beim Messen	350
Maßverkörperungen	350
Lehren	352
Lehrdorne	353
Lehrringe	353
Rachenlehren	354
Kegellehren	355
Gewindeprüfung	355
Oberflächenprüftechnik	355
Elektrische Anlagen	356
Elektrische Anlagen bis 1000 V	357
Wichtige Begriffe	357
Netzsysteme	358
Widerstand des menschlichen Körpers R_K	360
Herzstromfaktor F	360
Schutzklassen der Betriebsmittel	360
Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag	361
Übersicht zu Schutzmaßnahmen	361
Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung	361
Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	362
Basisschutz unter besonderen Bedingungen (überwachte Anlage)	362
Fehlerschutz in überwachten elektrischen Anlagen (nur für Elektrofachkräfte)	362
Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung von mehr als einem Verbrauchsmittel	363
Maximale Abschaltzeiten beim Fehlerschutz – Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall	363
Anforderungen für Steckdosen in Endstromkreisen	363
Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-System	364
Fehlerschutz – Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall (Schutzklasse I)	364
Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TT-System	364
Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im IT-System	364
Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung	365
Funktionskleinspannung (FELV) – Schutz durch Kleinspannung ohne sichere Trennung (Schutzklasse III)	365
Schutzmaßnahme: Doppelte oder verstärkte Isolierung (Schutzklasse II)	365
Schutzmaßnahme: Schutztrennung (Schutzklasse II)	366
Schutzmaßnahme: Schutz durch Kleinspannung mit SELV oder PELV (Schutzklasse III)	366
Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)	367
Zusätzlicher Schutz	367
Schutzeinrichtungen	368
Schutzeinrichtungen Übersicht	368
Schmelzsicherungen	368
Geräte- und Feinsicherungen	369
Niederspannungs-Hochleistungssicherung (NH-System)	369
Leitungsschutzschalter (LS-Schalter)	370
Selektiver Hauptleitungsschutzschalter (SLS-Schalter)	371
Motorschutzgeräte – Übersicht	372
Thermisches Überlastrelais (Motorschutzrelais)	372
Motorschutzschalter	373

Schaltungen.....	373
Besonderheiten	373
Thermischer Motorvollschutz – Thermistor (PTC-Widerstand)	373
Thermischer Motorvollschutz – Thermostat	374
Elektronische Motormanagementsysteme	374
Fehlerstromschutzeinrichtung – Residual Current Protective Device (RCD)	375
Brandschutzschalter	378
Leitungen und Kabel.....	380
Wichtige Begriffe.....	380
Übersicht der elektrischen Leitungen	380
Leiterform und Leiteraufbau	380
Kennzeichnung der Adern von Kabeln und Leitungen	381
Code zur Farbkennzeichnung.....	381
Kennzeichnung von Leitern durch Farben oder alphanumerische Anschlusszeichen	382
Empfohlene Farbcodierungen in Schaltanlagen und Verteilern	382
Empfohlene Farbcodierungen in Verteilungsnetz und Verbraucheranlagen.....	383
Spannungsangaben von Starkstromleitungen	383
Bauartkurzzeichen für Starkstromkabel mit Kunststoffisolierung	384
Leitungsnormen (nationale/harmonisierte).....	385
Häufig verwendete isolierte Starkstromleitungen für feste Verlegung	386
Häufig verwendete isolierte Starkstromleitungen für ortsveränderliche Geräte	390
Häufig verwendete Fernmeldeleitungen und -kabel	394
Fernmeldeleitungen und -kabel	396
Bemessung elektrischer Leitungen – Erläuterungen	397
Ermittlung des notwendigen Leitungsquerschnittes A mit Einflussfaktoren	398
Referenzverlegeart von isolierten Leitungen und Kabeln	401
Bemessungsstrom I_N der vorgeschalteten Überstromschutzeinrichtung in A	402
I_t maximale Strombelastbarkeit von flexiblen Leitungen bei 30 °C	402
Einflussfaktoren für Häufung	403
I_t Strombelastbarkeit von Leitungen für feste Verlegung in Gebäuden	404
I_t maximale Strombelastbarkeit im Erdboden bei 20 °C	404
Spannungsfall	405
Höchstzulässige Kabel- und Leitungslängen l_{\max} für Dreh- und Wechselstromkreise.....	406
Höchstzulässige Leitungslängen für Drehstrom nach Auslösezeit	407
Ermittlung des notwendigen Leitungsquerschnittes bei Oberschwingungen	408
Strombelastbarkeit von Leitungen/Kabeln bei Oberschwingungen	408
Installationstechnik.....	410
Installationsschaltungen	410
Installationszonen in Wohnräumen	413
Räume mit Badewanne oder Dusche	413
Anlagen im Freien.....	415
Feuergefährdete Betriebsstätten	415
Explosionsgefährdete Bereiche	415
Einteilung der explosionsartigen Atmosphäre	416
Geräteschutzniveau	416
Prüfung von Anlagen und elektrischen Betriebsmitteln	417
Erstprüfung	417
Messung der Durchgängigkeit des Schutzleiters – R_{Low}	417
Messung des Isolationswiderstandes R_{ISO}	418
Isolationswiderstandsmessung von Fußböden und Wänden (Anlagen unter der Überwachung durch Elektrofachkräfte).....	419
Prüfung der Spannungspolarität.....	419
Prüfung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	420
Messung des Netzzinnenwiderstandes Z_i	422
Messung der Schleifenimpedanz Z_{Sch}	422

10

Messung des Erderwiderstandes	424
Prüfung des Drehfeldes	424
Spannungsprüfung	425
Schutz gegen Restspannung	425
Prüfung elektrischer Geräte	426
Schutzleiterprüfung	426
Messung des Isolationswiderstandes	427
Messung des Schutzleiterstromes	428
Messung des Berührungsstromes	428
Nachweis der sicheren Trennung bei SELV und PELV	429
Funktionsprüfung	429
Auswertung, Beurteilung, Dokumentation	429
Wiederkehrende Prüfungen	430
E-Check IT	430
Blitzschutz	431
Überspannungsschutz	432
Energieversorgung	433
Spannungsebenen	433
Netzformen der Versorgungsnetze	433
Intelligente Stromnetze	434
Ortsnetz-Trafostation mit Mittelspannungs-Schaltanlage	435
MS-Schaltanlage für Ortsnetzstationen	435
Mechanische Schalter	436
Lasttrennschalter	437
Schalter – Schaltzeichen	437
Netzschutz – Schutztechnik	438
Überstromschutz	438
Vergleichsschutz	439
Distanzschutz	439
Buchholzschutz	440
Sternpunktbehandlung in Mittel- und Hochspannungsnetzen	440
Schienenverteilersystem	441
Steckvorrichtungen	442
Kompensation der induktiven Blindleistung	445
Parallel- und Reihenkompensation	445
Vorgehensweise am Beispiel der Einzelkompensation in Dreieckschaltung eines Motors	446
Arten der Blindleistungskompensation	446
Aufbau einer dynamischen Blindleistungskompensationsanlage (6-stufig)	447
Filterkreisdrossel – verdrosselte Kondensatoren	448
Wichtige Hinweise zur Kompensation	449
Transformatoren	450
Aufbau und Funktion	450
Wichtige Größen eines Transformators	450
Bemessungsgrößen	451
Ersatzschaltbild	451
Kurzschlussspannung	451
Drehstromtransformatoren	452
Schaltgruppen von Drehstromtransformatoren	452
Leistungsschild	454
Parallelschaltung von Drehstromtransformatoren	454
Wirkungsgrad von Transformatoren	457
Prüfen von Transformatoren (Trockentransformatoren)	457
Drehende Generatoren	458
Brennstoffzellen	458

Primärelemente	459
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	460
Wichtige Begriffe.....	460
Netzqualität.....	463
Elektrische Maschinen	464
Mechanische Projektierung.....	465
Translations- und Rotationsbewegungen	465
Kinetische Größen und Gesetze der Translation und Rotation	466
Mechanische Übertragungselemente.....	468
Mechanische Übertragungselemente.....	472
Ermittlung mechanischer Drehmomente und Leistungen.....	472
Allgemeines zu elektrischen Maschinen	479
Bestandteile einer elektrischen Maschine	479
Energieeffizienz.....	479
Leistungsschild	480
Verschaltung der Statorwicklung von Drehfeldmaschinen.....	480
Drehrichtung einer elektrischen Maschine	480
Bauformen	481
Nennbetriebsarten.....	483
Erwärmung elektrischer Maschinen	485
Thermische Klassen.....	485
Kühlung.....	485
Erstprüfung von elektrischen Maschinen.....	486
Wirkungsgrad	486
Grundlegende Formeln.....	487
Maschinenrichtlinie	488
Mögliche Fehler an elektrischen Maschinen.....	488
Elektrische Maschinen am Netz	489
Drehfeldmaschinen.....	489
Synchronmaschinen am Netz.....	490
Asynchronmaschinen am Netz.....	496
Schaltungen.....	500
Wechselstrommotoren	502
Gleichstrommotoren	504
Elektrische Maschinen am Frequenzumrichter	506
Asynchronmaschinen am Umrichter mit U/f-Betrieb.....	506
Servosynchronmaschinen (Bürstenlose Motoren).....	513
Reluktanzmaschine	532
Schrittmotor	533
Maschinenelemente	534
Gewinde	535
Gewindeparameter	540
Grenzmaße für Außen- und Innengewinde	541
Einschraubgruppen, Einschraublängen.....	541
Schrauben, Gewindestifte	542
Kennzeichnung von Schrauben und Muttern.....	542
Kopfformen von Schrauben	542
Produktklassen für Schrauben und Muttern	542
Festigkeitsklassen von Stahlschrauben	543
Mindesteinschraubtiefen.....	543
Durchgangsbohrungen für Schrauben	543

12

Sicherungselemente	544
Sechskantschrauben	544
Zylinderschrauben	548
Senkschrauben	549
Linsenschrauben	549
Sonderschrauben	550
Verschlusschrauben	551
Linsen-, Senk-, Linsensenk-Blechschraben	551
Blechschraben mit Schlitz	552
Gewindeschneidschrauben	552
Gewindefurchende Schrauben	553
Gewindestift mit Schlitz	553
Gewindestift mit Innensechskant	553
Gewindebolzen	554
Anschweißenden	554
Schraubenberechnungen	555
Betriebskraft	555
Vorspannkraft Montage	555
Anziehdrehmoment, Flächenpressung	556
Flächenpressung am Schraubenkopf- und Auflagerfläche der Mutter	556
Muttern	559
Bezeichnung von Muttern	559
Festigkeitsklassen	559
Abstreifbarkeit von Muttern	560
Sechskanmmuttern	561
Nutmutter	565
Flügelmuttern (Herstellerangaben)	566
Ringschrauben und Ringmuttern	566
Sicherungsmuttern	567
Sicherungsbleche mit Innennase für Nutmutter	567
Scheiben	568
Kennzeichnung	568
Flache Scheiben	568
Kugelscheiben und Kegelpfannen	570
Zahnscheiben, Fächerscheiben zurückgezogen	571
Pass- und Stützscheiben	571
Sicherungsringe, Sicherungsscheiben	572
Sicherungsringe für Wellen, Regelausführung	572
Sicherungsscheiben für Wellen	572
Sicherungsringe für Bohrungen, Regelausführung	572
Sicherungsbleche mit zwei Lappen	573
Runddraht-Sprengringe	573
Stifte und Bolzen	574
Übersicht	574
Kerbstifte	574
Kerbnägel	574
Zylinderstifte	575
Kegelstifte	576
Spannstifte, Kerbstifte	577
Kerbnägel, Nieten	579
Kerbnägel	579
Kerbnägel, Blindniete	580
Blindniet mit Sollbruchdorn	580

Dichtelemente.....	581
Filzringe	581
Radial-Wellendichtung (WDR)	581
V-Ringdichtung	582
O-Ringe	583
Welle-Nabe-Verbindungen.....	585
Übersicht	585
Passfedern	586
Flächenpressung an Passfeder, Welle und Nabe der Passfederverbindung	586
Scheibenfedern	587
Keile	587
Keilwellenverbindungen mit geraden Flanken.....	588
Toleranzklassen für Keilwellen-Verbindungen	588
Wälzlager	589
Übersicht	589
Bezeichnung	591
Toleranzklassen von Wälzlagern (Loslager)	594
Rillenkugellager, Berechnung dynamische Tragfähigkeit der Lebensdauer	595
Axial-Rillenkugellager	596
Rillenkugellager	596
Schräggugellager	597
Pendelkugellager	597
Zylinderrollenlager	598
Kegelrollenlager	599
Nadellager	599
Tonnenlager, Pendelrollenlager	600
Darstellung von Wälzlagern.....	600
Gleitlager.....	601
Eigenschaften	601
Gleitlagerbuchsen.....	602
Federn	605
Zylindrische Schrauben-Zugfedern	605
Zylindrische Schrauben-Druckfedern	606
Tellerfedern	608
Scheibenkupplungen	609
Schalenkupplung	609
Riementriebe	610
Berechnungen	610
Riementgeschwindigkeit, Umfangskraft, Wirklänge.....	610
Riemenzahl (Standard).....	610
Riemenzahl bei SPZ.....	610
Riemenbiegungen.....	610
Wirklänge des Riemens	610
Leistungswerte für Schmalkeilriemen	611
Auswahl des Riemenprofils nach Drehzahl und Leistung.....	611
Synchronriementriebe mit metrischer Teilung.....	611
Zahnückenprofil für Synchronscheiben.....	611
Bauformen von Keilriemen und Synchronriemen	612
Keilriemen, Keilriemenscheiben.....	613
Keilriemenscheibe für Schmalkeilriemen	613
Zahnradtriebe, Schneckentriebe.....	614
Geradverzahnte Stirnräder	614
Schrägverzahnte Stirnräder.....	615

14

Geradverzahnte Kegelräder	615
Schneckentrieb	616
Modulreihe für Schneckenräder	616
Übersetzungen	616
Zahnradtrieb	617
Riementrieb	617
Fertigungstechnik, Instandhaltung	618
Fertigungsverfahren	619
Urformen	619
Gießen	619
Additive Fertigung (3D-Druck)	621
Umformen	625
Biegen	625
Tiefziehen	628
Trennen	629
Spanungsvorgang	630
Begriffe des Spanens	631
Spanungsgeometrie	631
Spanformen	633
Schneidstoffe	633
Spezifische Schnittkraft	644
Bohren	646
Drehen	657
Fräsen	672
Schleifen	687
Läppen	693
Honen	694
Sägen	694
Zerteilen	698
Thermische Trennverfahren	702
Trennverfahren	708
Fügen	710
Fügen durch Umformen	711
Schweißen	718
Löten	734
Kleben	738
Kunststoffschweißen	741
Schmierstoffe	743
Beschichten	751
Übersicht der Beschichtungsverfahren und Eigenschaften	751
Stoffeigenschaften ändern	754
Wärmebehandlungsverfahren	754
CNC-Fertigung	761
CNC-Werkzeugmaschinen	761
Aufbau von CNC-Programmen	762
Programmierverfahren	784
Flexible Fertigungssysteme	787
Instandhaltung	788
Zweck und Aufgaben der Instandhaltung	788
Instandhaltungsstrategien	790
Total Productive Maintenance (TPM)	791

Automatisierungstechnik	792
Grundlagen Steuerungstechnik – Definitionen	793
Merkmale einer Regelung und Steuerung	793
Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe (EVA-Prinzip)	793
Merkmale eines Sensors	793
Merkmale eines Aktors	794
Sensoren	795
Pegel und Analogsignale	795
Befehlsgeber inkl. Farben	795
Aktive und passive Sensoren	796
Grenztaster/Endlagentaster	796
Näherungssensoren/Näherungsschalter	796
Reedkontakt/magnetischer Näherungsschalter	796
Magnetoresistive Näherungsschalter	797
Induktive Näherungsschalter	797
Kapazitive Näherungsschalter	797
Übersicht Näherungsschalter	798
Schaltabstände	799
Einbaubedingungen von Näherungssensoren	800
Anschluss von Näherungssensoren	800
Reihen- und Parallelschaltung von Sensoren	801
Allgemeine Spezifikationen von Sensoren	801
Optoelektronische Sensoren und Lichtschranken	802
Lichtschranken	802
Lichtvorhänge	804
Kontrastsensoren	804
Lichtleiter	805
Ultraschallsensoren	805
Temperatursensoren	806
PTC/PTC-Thermistor	806
NTC	807
Thermoelement	807
Pyrometer	808
Weg- und Winkelmessung	808
Ohm'scher Wegaufnehmer	808
Magnetischer Wegaufnehmer	809
Induktiver Wegaufnehmer	809
Kapazitiver Wegaufnehmer	809
Optischer Wegaufnehmer	809
Drehzahlmessung	810
Dehnungsmessung	811
DMS-Messschaltungen (Messbrücken)	812
Erfassung von Kraft, Moment und Beschleunigung	813
Drucksensoren	814
Füllstandsmessung	815
Durchflussmessung	816
RFID	817
Aktoren	818
Ventile (elektropneumatisch)	818
Visualisierung/Panels (HMI)	818
Elektromagnetisch betätigte Schalter: Übersicht, Aufbau und Wirkungsweise	819
Auswahlkriterien eines Schützes für die Anwendung	819
Leistungsschütz: Anschluss- und Kontaktbezeichnungen	820
Gebrauchskategorien Leistungsschütz	820