

Leseprobe

Der Bildungsprofi für Technik

Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

Paul Müller · Christoph Kolmer · Christian Kemper

Christiani – basics Mechatronik



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

Inhalt

7

1	Das Projekt	17
1.1	Herstellung der metalltechnischen Komponenten	39
1.2	Das technische System	47
1.3	Physikalische Berechnungen	49
2	Herstellen mechanischer Teilsysteme	59
2.1	Werkstofftechnik	59
	Aluminium	59
	Aluminiumlegierungen	60
	Eisenmetalle	61
	Werkstoffübersicht	63
	Stahlherstellung	64
	Gussherstellung	65
	Nichteisenmetalle	65
	Stahlguss	65
	Gusseisen	65
	Verbundwerkstoffe	66
	Sinterwerkstoffe	66
	Verstärkte Verbundwerkstoffe	67
	Kunststoffe	67
	Werkstoffeigenschaften	68
2.2	Werkstoffbezeichnungen	77
2.3	Werkstoffprüfung	81
2.4	Manuelle Zerspanung	85
	Anreißen	86
	Körnen	90
	Sägen	91
	Feilen	95
	Vorbereitung der Bohrungen	98
	Bohren	101

8		Inhalt
	Entgraten	106
	Senken	106
	Reiben	108
	Gewinde schneiden	111
	Maße und Toleranzen	116
	Passungsarten	119
2.5	Messen und Prüfen	122
2.6	Biegen	127
2.7	Schrauben und Stifte	133
2.8	Manuelles Spanen	137
	Drehen	137
	Fräsen	144
3	Elektrische Komponenten und Betriebsmittel	151
3.1	Der elektrische Stromkreis	151
	Elektrische Ladung	151
	Technische Größen des Stromkreises	152
	Der Potenzialbegriff	153
	Spannungsfall	153
	Ohmsches Gesetz	155
3.2	Widerstandsänderung bei Erwärmung	158
3.3	Schaltung von Widerständen	160
	Parallelschaltung	160
	Reihenschaltung	162
	Gruppenschaltung	164
	Vorwiderstand	165
	Unbelasteter Spannungsteiler	166
	Belasteter Spannungsteiler	166
	Brückenschaltung	169

Inhalt

9

3.4	Energieumsatz im Stromkreis	170
	Wärme	170
	Arbeit	170
	Leistung	170
	Wirkungsgrad	170
3.5	Elektrische Leitungen	176
	Leiterwiderstand	176
	Spannungsfall	176
	Leistungsverlust	178
	Stromdichte	178
	Strombelastbarkeit	179
	Überstromschutzorgane	179
	Auslösezeit	180
	Leitungsschutzschalter	183
3.6	Spannungsversorgung	185
	Anpassungsformen	186
	Schaltung von Spannungsquellen	187
	Elektrochemische Spannungsquellen	188
	Sekundärelemente	190
3.7	Elektrisches Feld	193
	Kondensator	193
	Schaltung von Kondensatoren	196
	Energie des elektrischen Feldes	198
	Kondensator an Gleichspannung	199
	Kennwerte von Kondensatoren	201
	Bauformen von Kondensatoren	201
3.8	Magnetisches Feld	203
	Magnetische Feldgrößen	205
	Kraft im Magnetfeld	211
	Elektromagnetische Induktion	213
	Energie des magnetischen Feldes	217
	Spule im Gleichstromkreis	218
3.9	Wechselstromtechnik	221
	Wichtige Kenngrößen	223
	Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen	224
	Darstellung sinusförmiger Wechselgrößen	225
	Einfache Wechselstromkreise	227
	Zusammengesetzte Wechselstromkreise	234

10

Inhalt

Dreiphasen-Wechselstromtechnik	247
Erzeugung und Darstellung	247
Verkettung	248
Sternschaltung	248
Dreieckschaltung	252
Leistung im Dreiphasen-Wechselstromsystem	254

3.10 Multimeter 257

3.11 Grundlagen der Elektronik 261

Festwiderstände	263
Potenzimeter	264
Nichtlineare Widerstände	267
Lichtabhängige Widerstände	274
Spannungsabhängige Widerstände	275
Dioden	276
Z-Dioden	285
Leuchtdioden	287
Transistoren	289

4 Energie- und Informationsfluss in technischen Systemen 301

4.1 Steuerungsaufbau 301

4.2 Motorschutz 307

4.3 Darstellung von Steuerungen 311

4.4 Logische Verknüpfungen 318

4.5 Signalspeicherung 320

4.6 Speicherprogrammierbare Steuerungen 321

Prinzip der SPS	321
Beschaltung der SPS	322
Programmierung der SPS	322
Programmiersprachen	324
Programmabarbeitung	372
Programmierung mit Merkern und Klammern	328
Programmierung von Speicherfunktionen	329

Inhalt

11

Zeitfunktionen	331
Flankenauswertung	333
Ablaufsteuerungen	336
GRAFSET	338
Kleinsteuerungen	341
4.7 Sicherheit von Steuerungen	345
5 Elektrische Sicherheit von Installationen	349
5.1 Netzsysteme	349
5.2 Schutzmaßnahmen	350
Schutzmaßnahmen im TN-System	360
Schutzmaßnahmen im TT-System	364
Schutzmaßnahmen im IT-System	365
5.3 Prüfung von Schutzmaßnahmen	367
6 Pneumatik	375
6.1 Erzeugung, Speicherung und Aufbereitung der Druckluft	376
6.2 Arbeitsglieder der Pneumatik	377
6.3 Pneumatikplan	382
6.4 Grundsaltungen der Pneumatik	383
6.5 Pneumatikzylinder	391
Endlagendämpfung	391
Bestimmung der Kolbenkraft	391
Luftverbrauch	392
Lineareinheiten	394

12

6.6	Pneumatikventile	397
6.7	Pneumatikleitungen	402
6.8	Logische Verknüpfungen mit Pneumatikelementen	405
6.9	Kennzeichnung der Schaltplanteile in der Fluidtechnik	405
	Pneumatische Grundsteuerungen	407
	Funktionsdiagramme	409
6.10	Elektropneumatik	412
	Projekt Pneumatikstanze	417
7	Übungen	423
	Sachwortverzeichnis	433



Dieses Buch ist anders!

Das primäre Ziel der Ausbildung, den erfolgreichen Abschluss der Prüfung, steht im Vordergrund. Dies gilt für Theorie und Praxis, sofern diese beiden Teile bei den aktuellen Prüfungen überhaupt noch voneinander zu trennen sind.

Erkennbar ist dies vor allem an der Vielzahl von prüfungsrelevanten Aufgabenstellungen, deren Lösungen unter www.christiani.berufskolleg.de zu finden sind.

Kein technisches Verständnis ohne Quantifizierung. Viele ausführliche Beispiele vermitteln ein Gefühl für Größenordnungen, ein häufig erkennbares Defizit, vor allem in den situativen Gesprächsphasen.

Konsequente Einbindung des Tabellenbuches von Anfang an. Besonders wichtig, weil das Tabellenbuch in Prüfungen als Informationsquelle uneingeschränkt zur Verfügung steht. Die Erarbeitung technischer Inhalte ohne Tabellenbuch ist daher ineffektiv. Vorbereitung auf die situativen Gesprächsphasen der Prüfung. Die eindeutige Verknüpfung von Theorie und Praxis. Hier kann der Prüfungsbewerber den Prüfern Fachkompetenz vermitteln, wodurch das Prüfungsergebnis sicherlich ganz wesentlich beeinflusst wird.

Dieses Buch ist anders! Neben der anschaulichen Vermittlung der unumgänglichen „basics“ als Rüstzeug für konkrete technische Anwendungen steht immer der Anwendungsbezug (man kann auch sagen die Prüfungsrelevanz) im Vordergrund. Ein Lehrbuch also, bei dem immer erkennbar ist, warum man sich den Lehrstoff erschließen muss.

Bedeutung der Piktogramme

	Projekt: Konkreter Arbeitsauftrag, für den die Informationen relevant sind.
	Information: Kurze zumeist strukturierte Übersicht.
	Praxis: Praxisrelevante Inhalte.
	Tabellenbuch: An dieser Stelle sollte bzw. muss unbedingt auf das Tabellenbuch zurückgegriffen werden.
	Beispiel: Dient im Wesentlichen der Quantifizierung und Vertiefung.
	Englisch: Wichtige Fachbegriffe werden übersetzt.

1.1 Herstellung der metalltechnischen Komponenten

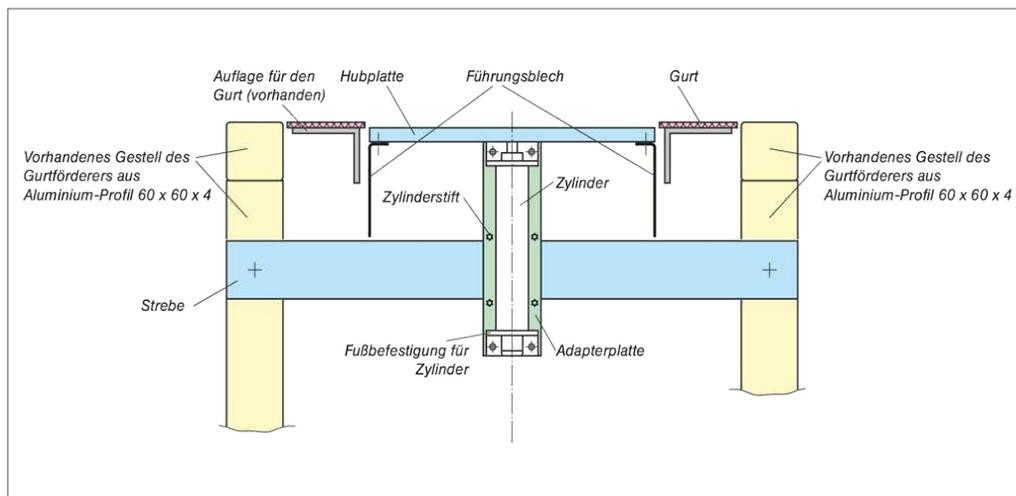


Bild 23 Bandförderer mit Hubeinheit, siehe Technologieschema Seite 18

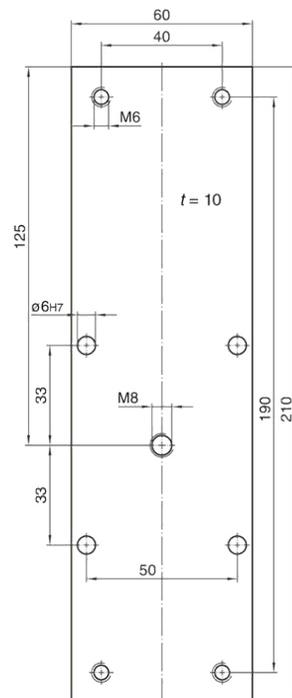
Adapterplatte

S235JR G1 + C, Materialstärke 10 mm

4 Bohrungen 6H7 zum Einpressen der Passstifte
(Passstifte als Verdrehsicherung)

Gewindebohrung M8 zur Befestigung an der Strebe

4 Gewindebohrungen M6 zur Befestigung der beiden
Haltewinkel für den Pneumatikzylinder



2.4 Manuelle Zerspangung

Beim **manuellen Spanen** werden die Werkzeugbewegungen *von Hand* ausgeführt und die *Trennkraft* durch *Muskelkraft* aufgebracht.

Beim **Spanen** werden Werkstoffteile durch *keilförmige Schneiden* schichtweise vom Werkstück abgetrennt.

Die mit dem Werkzeug aufgetragenen *Trennkraft* bewirken eine **Spanabhebung** am Werkstück.

Flächen am Schneidkeil

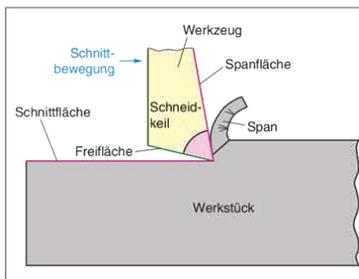


Bild 26 Flächen am Schneidkeil

Winkel am Schneidkeil

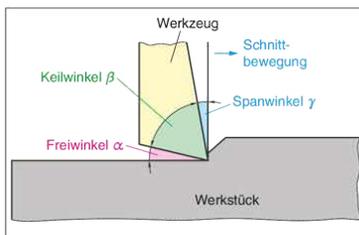


Bild 27 Winkel am Schneidkeil

Die Summe von **Freiwinkel α** , **Keilwinkel β** und **Spanwinkel γ** ist immer 90° .

Der *Zerspangungsvorgang* wird ganz wesentlich durch die **Winkel am Schneidkeil** beeinflusst:

- *Spanbildung*
- *Oberflächengüte des Werkstücks*
- *Standzeit des Werkzeugs*

Keilwinkel β

Abhängig von der **Festigkeit** des zu bearbeitenden Werkstoffs.

Freiwinkel α

Zur Verminderung der Reibung zwischen Schneidkeil und Werkstück.

Beeinflusst damit die **Standzeit** des Werkzeugs. Abhängig von der **Härte** des zu bearbeitenden Werkstoffs.

Harte Werkstoffe \rightarrow Freiwinkel *klein*; Reibung und Erwärmung der Schneide relativ gering.

Spanwinkel γ

Beeinflusst die Spanbildung und die Spanabfuhr.

Spanbildung am Werkstück

Wesentlich bestimmt durch Spanwinkel und den zu bearbeitenden Werkstoff.

- **Reißspan** (Bild 28)
Harte und spröde Werkstoffe werden mit kleinen Spanwinkeln bearbeitet. Sehr kurze Spänelemente, die zu kleinen Brocken zerplatzen.

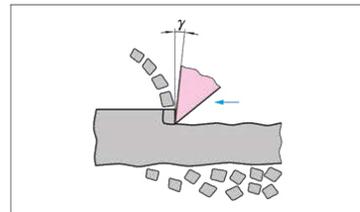


Bild 28 Reißspan

- **Scherspan** (Bild 29)

Zähe und leicht spröde Werkstoffe bei niedriger Schnittgeschwindigkeit und Spanwinkeln von 10° bis 25° .

Kleine zusammenhängende Spänelemente.

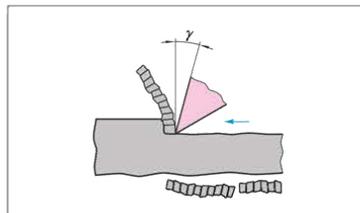


Bild 29 Scherspan

■ Fertigungsverfahren

- Urformen
- Umformen
- Trennen
- Fügen
- Beschichten
- Stoffeigenschaften ändern



■ Keil

Der Keil ist die Grundform der Schneide bei trennenden Werkzeugen.

Schneiden mit *großem Keilwinkel* haben eine *hohe* Stabilität.

Schneiden mit *kleinem Keilwinkel* erleichtern den Trennvorgang.



Werkzeugschneide
cutting edge

Keil
wedge

Keilwinkel
wedge angle

Freiwinkel
clearance angle

Spanwinkel
rake angle

Spanen
chipping

Trennen
cutting

Reißspan
tearing chip

Fließspan
flowing chip

Scherspan
continuous chip

140

Herstellen mechanischer Teilsysteme

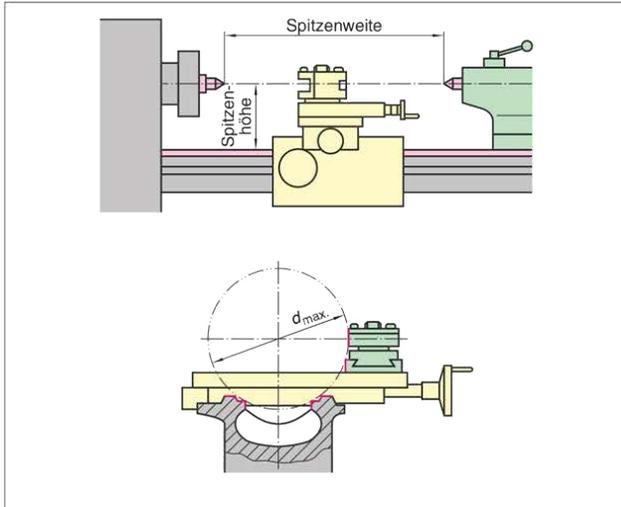


Bild 144 Spitzweite

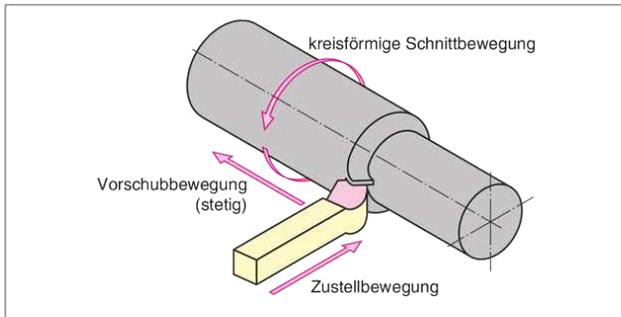


Bild 145 Wirkung des Drehmeißels



Spanwinkel
rake angle

Eckenwinkel
nose angle

Einstellwinkel
back rake angle

Spitzweite

ist das Maß für die größte Werkstücklänge beim Drehen zwischen zwei Spitzen.

Angegeben wird der Abstand zwischen den beiden eingesetzten Spitzen.

Spitzhöhe

gibt den Abstand zwischen dem Maschinenbett und der Drehachse an.

Wenn man den Wert der Spitzhöhe verdoppelt, erhält man den maximalen Drehdurchmesser d_{max} (Bild 144).

Drehzahlbereich

gibt die kleinste und größte einstellbare Drehzahl der Arbeitsspindel an.

Bei einem abgestuften Getriebe wird die Anzahl der Stufen angegeben.

Vorschubbereich

gibt den kleinsten und größten einstellbaren Vorschub sowie die Anzahl der Stufen an.

Die Antriebsleistung der Maschine entspricht der Bemessungsleistung des Antriebsmotors in kW.

Die Antriebsleistung der Maschine bestimmt die Zerpannungsleistung.

Bauarten von Drehmeißeln

Bei der Einteilung unterscheidet man Drehmeißel nach der Lage des Schneidenkopfes zum Schaft.

Um einen Drehmeißel bestimmen zu können, ist der Verlauf der Mittellinie durch Schaft und Schneidenkopf ausschlaggebend.

Rechte und linke Drehmeißel

Die Einteilung nach rechten und linken Drehmeißeln erfolgt durch Betrachten der Spanfläche.

Hierbei muss der Schaft vom Betrachter fortgerichtet sein.

Erkennt der Betrachter von der Schneide her in Schaftichtung

- die Hauptschneide rechts, dann handelt es sich um einen rechten Drehmeißel.
- die Hauptschneide links, dann handelt es sich um einen linken Drehmeißel.

Ein rechter Drehmeißel arbeitet von rechts nach links, ein linker Drehmeißel von links nach rechts.

Winkel am Drehmeißel (Bild 146, Seite 141)

Einstellwinkel κ :

Winkel zwischen der Drehachse des Werkstücks und der Hauptschneide des Schneidkeils. Hat erheblichen Einfluss auf die Zerspanungskräfte.

Eckenwinkel ϵ :

Winkel zwischen Hauptschneide und Nebenschneide. Beeinflusst die Stabilität der Werkzeugschneide und hat großen Einfluss auf die Wärmeableitung.

Werkzeugwinkel:

Freiwinkel α , Keilwinkel β , Spanwinkel γ

■ **Reihenschaltung**
Spannungserhöhung

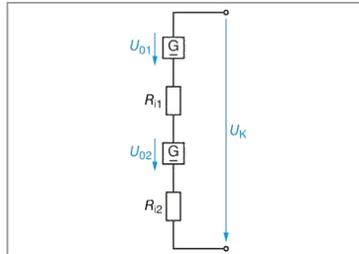


Bild 47 Spannungsquellen, Reihenschaltung

■ **Parallelschaltung**
Stromerhöhung

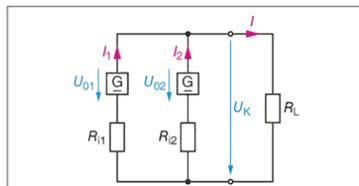


Bild 48 Spannungsquellen, Parallelschaltung

Innenwiderstand bei Parallelschaltung:

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_{i1}} + \frac{1}{R_{i2}} + \dots + \frac{1}{R_{in}}$$

Gruppenschaltung

Auch eine Kombination von Reihen- und Parallelschaltung ist möglich (Gruppenschaltung).

- Erhöhung der *Spannung* durch Reihenschaltung.
- Erhöhung der *Stromstärke* durch Parallelschaltung.

Elektrochemische Spannungsquellen

Elektrochemische Spannungsquellen beruhen auf zwei *unterschiedlichen* Materialien (zumeist Metalle), die in einen **Elektrolyten** eingetaucht sind.

Primärelemente wandeln chemische Energie *direkt* in elektrische Energie um. Die negative Elektrode wird dabei verbraucht. Primärelemente sind für den *einmaligen* Gebrauch bestimmt.

Elektrochemische Spannungsreihe

Der elektrochemischen Spannungsreihe kann die zu *erwartende Spannung* zwischen zwei Elektroden entnommen werden, wenn eine der beiden Elektroden aus *Wasserstoff* besteht (Bezugspunkt ± 0 V).

Elektrochemische Spannungsreihe

Metall	Potenzial in V
Lithium	- 3,04
Kalium	- 2,94
Calcium	- 2,87
Natrium	- 2,71
Magnesium	- 2,37
Aluminium	- 1,66
Mangan	- 1,19
Zink	- 0,76
Chrom	- 0,74
Eisen	- 0,45
Cadmium	- 0,4
Cobalt	- 0,28
Nickel	- 0,26
Zinn	- 0,14
Blei	- 0,13
Eisen	- 0,04
Wasserstoff	± 0,00
Kupfer	+ 0,34
Kohle	+ 0,74
Silber	+ 0,8
Quecksilber	+ 0,85
Platin	+ 1,18
Gold	+ 1,40

■ **primär**
zuerst

■ **Elektrolyt**
Wässrige Lösung von Salzen, Säuren und Basen.

■ **Elektroden**
Stoffe, die für den Stromübergang von der Spannungsquelle zum Elektrolyten bzw. vom Elektrolyten zum Verbrauchsmittel sorgen.

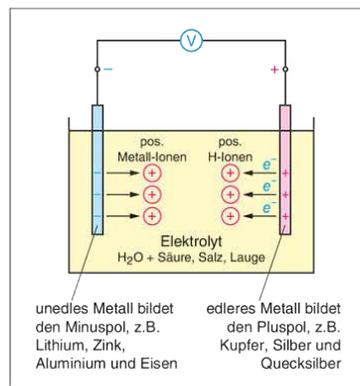


Bild 49 Elektrochemische Spannungsquelle

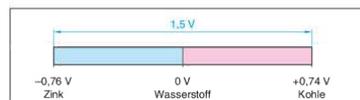


Bild 50 Zink-Kohle-Element

Beispiel: Zink-Kohle-Element

Potenziale gegen Wasserstoff: Zink - 0,76 V, Kohle + 0,74 V. Die Spannung des Zink-Kohle-Elementes beträgt 1,5 V.

Dioden

277

Verunreinigt man Silizium mit Aluminiumatomen, erhält man **p-dotiertes** Silizium. Im Halbleiterkristall entstehen Leerstellen, die als **Defektelektronen** bzw. **Löcher** bezeichnet werden.

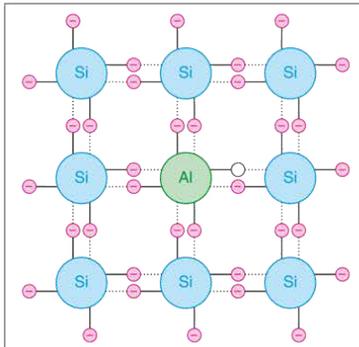


Bild 264 p-dotiertes Siliziumkristall

Wird eine Gleichspannung an einen p-dotierten Halbleiter angelegt, können Elektronen fließen. Sie fließen dann zum **Pluspol** der Spannungsquelle, die „Löcher“ fließen in Gegenrichtung zum **Minuspol** der Spannungsquelle.

Beim Herstellungsprozess werden ein n-dotiertes und ein p-dotiertes Siliziumplättchen zusammengefügt (Bild 265).

An der **Kontaktfläche** der beiden Plättchen kommt es zu einem **Ladungsträgeraustausch**.

- Aus der n-dotierten Schicht wandern **Elektronen** in die p-dotierte Schicht.
- Aus der p-dotierten Schicht bewegen sich **Löcher** in die n-dotierte Schicht.

Ergebnis dieses Vorganges ist eine **ladungsträgerfreie Zone**. Dieser Bereich ist eine hochohmige **Sperrschicht** (Bild 266).

Durch die **Ladungsträgerverschiebung** an der Kontaktfläche ist die p-Schicht negativ und die n-Schicht positiv geworden.

In der Sperrzone ist ein **elektrisches Feld** E entstanden. Wegen dieses elektrischen Feldes hört die Ladungsträgerverschiebung bei einer bestimmten Spannung auf (Bild 266).

Bei **Siliziumdioden** beträgt diese Spannung $U_D \approx 0,7 \text{ V}$.

Wirkungsweise der Diode

Diode und Widerstand werden in Reihe an eine verstellbare Spannungsquelle angeschlossen (Bild 267). Die **Katode** der Diode liegt am **Minuspol**, die **Anode** am **Pluspol**.

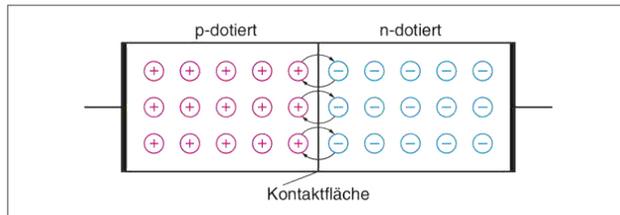


Bild 265 Rekombination an der Kontaktfläche

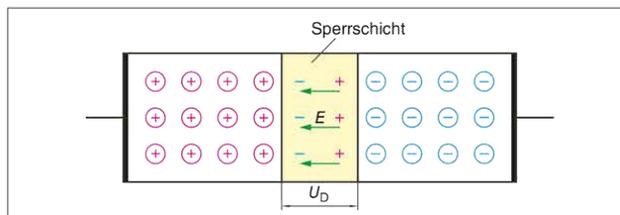


Bild 266 Sperrschicht

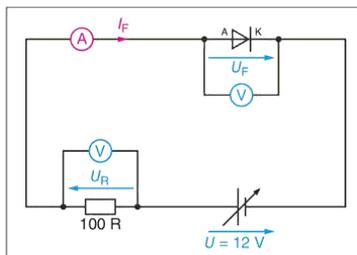


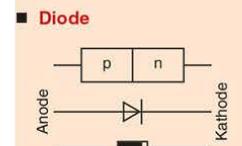
Bild 267 Diode in Vorwärtsrichtung

- Spannung U von 0 V beginnend erhöhen. Diode ist hochohmig, der größte Widerstand im Stromkreis. Bis ca. $U = 0,6 \text{ V}$ ist U_F ebenfalls $0,6 \text{ V}$ und $U_R = 0$. Der Strom $I_F = 0$.
- Bei $U = 0,7 \text{ V}$ ist $U_F = U_D$. U_D ist die **innere Sperrschichtspannung**. Die Spannungen sind entgegengerichtet und heben sich auf. Die Sperrschicht ist abgebaut. Es fließt der Strom I_F . Wenn bei Siliziumdioden die Anode (A) etwa $0,7 \text{ V}$ positiver als die Katode (K) ist, dann ist die Diode leitend.
- Bei $U = 5 \text{ V}$ ist U_F weiterhin ca. $0,7 \text{ V}$. Diese Spannung wird benötigt, um die Sperrschicht abzubauen. Die Spannung am ohmschen Widerstand R ergibt sich zu $U_R = U - U_F = 5 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 4,3 \text{ V}$.

■ **Al**
Chemisches Zeichen für Aluminium.

■ **Loch**
Defektelektron, Fehlen eines Elektrons (gleichbedeutend mit einer positiven Ladung).

■ **Rekombination**
Verschwinden eines Ladungsträgerpaares: Loch fängt Elektron ein.



342

Energie- und Informationsfluss in technischen Systemen

■ **Logische Verknüpfungen**

→ 318

■ **Speicher**

→ 329

■ **Zeitgeber**

→ 330

■ **EEPROM**

Elektrisch löschbarer und programmierbarer Speicher, nullspannungssicher auch ohne Batteriepufferung.



Funktionen (Auswahl)

- Logische Verknüpfungen
- Speicher, Zeitgeber, Zähler, Taktgeber
- Stromstoßrelais

LCD-Anzeige
Steuerungsprogramm
Parameter
Diagnose

Eingänge
6 – 24 Eingänge

Tastenbedienfeld
Eingabe des Steuerungsprogramms, Änderung von Parametern, menuegeführt

Speicherkarte
PC-Schnittstelle
Datenspeicherung auf austauschbarem EEPROM
Datenaustausch mit Personalcomputer über Schnittstellenleitung

Versorgungsspannung
12 V/24 V DC, 230 V AC

Ausgänge
4 – 12 Ausgänge
Mit Schalttransistor oder Relais

Belastbarkeit
bis 24 V DC: 1 A
230 V AC: 8 bis 20 A

Die **Steuerungsprogramme** werden zweckmäßigerweise mithilfe eines Personalcomputers und zugehöriger **Programmiersoftware** eingeben. Die Eingabe über die LCD-Anzeige ist wenig komfortabel.

Die **Programmiersoftware** umfasst einen **Simulator**, mit dem erstellte Programme im Vorfeld getestet werden können.

Das getestete Programm kann auf eine **Speicherkarte** übertragen werden oder über eine **Schnittstellenleitung** direkt zum Kleinsteuergerät übertragen werden.

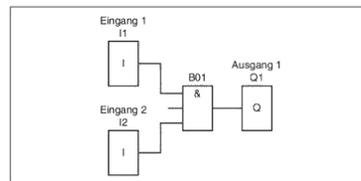


Bild 113 UND-Funktion, Kleinsteuerung

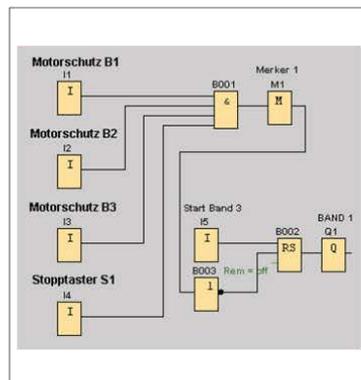


Bild 112 Kleinsteuerungsprogramm

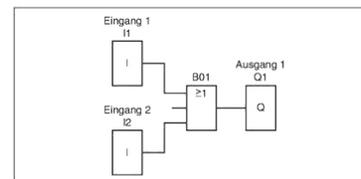


Bild 114 ODER-Funktion, Kleinsteuerung

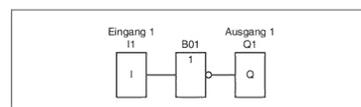


Bild 115 Negation, Kleinsteuerung

Sachwortverzeichnis

A

Abkanten 127
 Ablaufsteuerungen 336
 Abluftdrosselung 381
 Abmaße 119
 Abschaltvermögen 309
 Abschaltzeiten, TN-System 360, 364
 Abstich 62
 AC-Schütz 229
 Aktionen 337
 Allgmeintoleranzen 116
 Aluminium 59
 —, Bezeichnung 80
 Aluminiumherstellung 61
 Aluminiumknetlegierungen 60
 Aluminiumlegierungen 60, 61
 Anordnungsplan 21
 Anreißen 86
 —, Bemaßung 88
 Anreißvorgang 89
 Anreißwerkzeuge 87
 Anrisslinie 86
 Anschlagwinkel 88
 Anschlussplan 323
 Anweisungsliste 326
 Arbeit 53, 170
 Arbeitsglieder, Pneumatik 377
 Arbeitsmessung 171
 Arbeitsplan 40, 43
 Aufbohren 105
 Augenblickswert 225
 Aushärten 61
 Auslösecharakteristik 183
 Auslösezeit 180
 Außengewinde 111
 Ausschuss 116
 AWL 326

B

B2-Schaltung 283
 Bandbreite 245
 Basisschutz 354
 Basisvorwiderstand 294

Bauteilbezeichnung, Pneumatik 379
 Bearbeitungszugabe 108
 Befehle 337
 Berührungsspannung 351
 Beschaltung, SPS 322
 Besichtigung 367
 Bestimmungszeichen 337
 Betriebsmessgeräte 259
 Betriebsmittelanschlüsse 312
 Betriebsstoffe 62
 Biegelinie 129
 Biegen 127
 Biegeradius 128
 Biegeriss 130
 Bimetall 308
 Blackbox 48
 Blindleistung 235
 Blindleistungsfaktor 235
 Blindleitwert 237
 Blockschaltbild 47
 Bohren 101
 —, Drehzahl 103
 —, Grundlöcher 105
 —, Schnittgeschwindigkeit 103
 Bohrertypen 104
 Bohrungsabstand 107
 Bohrungsdurchmesser 107
 Bolzen 136
 Brennbarkeit 76
 Brinell, Härteprüfung 82
 Brinellhärte 83
 Bronze 66
 Bruchdehnung 82
 Brückenschaltung 169
 — B2 283
 Brummspannung 284

C

Cermets 66

D

DC-Schütz 229
 Dehngrenze 81, 82

Dehnung 82
 Dichte 68
 Dioden 276
 Direktreduktion 62
 Doppelhieb 96
 Doppelunterbrechung 303
 Dotierung 276
 Drahtbruchsicherheit 307, 345
 Drehantrieb 395
 Drehen 137
 —, Drehzahl 141
 Drehfeldprüfung 373
 Drehmaschine 137
 Drehmeißel 140
 Drehmoment 50
 Drehstrom 247
 —, Leistung 254
 Drehzahl, Bohren 103
 —, Drehen 141
 —, Fräsen 149
 Drehzahlbereich 140
 Dreieckschaltung 252
 Dreiphasen-Wechselstrom 247
 Drosselrückschlagventil 381, 400
 Drosselung 381
 Druck 396
 Druckluft 376
 Druckluftaufbereitung 390
 Druckluftherzeugung 389
 Druckluftfilter 390
 Druckluftöler 390
 Druckluftspeicher 376
 Druckregelventil 390, 400
 Drucktaster 305
 Druckzuschaltventil 401
 Durchflutung, magnetische 206
 Duroplaste 67

E

Effektivwert 227
 Einschaltverzögerung 321
 Einschnitt-Handgewindebohrer 115
 Einschnürung 82
 Einspannen, Sägeblatt 94

434

Sachwortverzeichnis

- Eisenkern 106
 Eisenmetalle 61
 Elastizität 76
 Elastomere 67
 Elektrisches Feld 193
 Elektrofachkraft 353
 Elektromagnetventile 398
 Elektronenwolke 72
 Elektronik 261
 Elektropneumatik 412
 Elektroverfahren 64
 Eloxal 60
 Endlagendämpfung 391
 Energie 51, 52
 Entgraten 97, 106
 Erdschluss 52
 Erdschlussicherheit 348
 Erdungswiderstände 364
 Erprobung 368
- F**
 Fehlerarten 347
 Fehlererschutz 354
 Fehlerstromkreis 352
 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung 362
 Feile, gehauene 95
 Feilen 95
 Feilenauswahl 97
 Feinmessgeräte 259
 Feinsicherungen 182
 Feld, magnetisches 203
 Feldlinien, elektrische 193
 —, magnetische 204
 Feldstärke, elektrische 194
 —, magnetische 206
 Fertigungsverfahren 85
 Festigkeitsklasse 134
 Festspannungsregler 298
 Festwiderstände 262
 Fingersicherheit 355
 Flachsenker 106
 Flanke, negative 334
 —, positive 333
 Flankenbewertung 333
 Fließspan 86
 Fluidtechnik, Kennzeichnung 404
 Fluss, magnetischer 205
- Flussdichte, magnetische 206
 Folgeventil 401
 Fördermittel 51
 Fräsen 144
 —, Drehzahl 149
 Fräser 147
 —, Vorschub 149
 Fräserdrehzahl 149
 Fräsmaschine 145
 Fräsverfahren 145
 Freischnitt 93
 Frequenz 222
 Frischvorgang 64
 Fügen 108
 Funktionsdiagramme 409
 Funktionseinheiten, System 47
 Funktionsplan 324
 FUP 324
- G**
 Gasgesetze 396
 Gebrauchskategorie 303
 Gebrauchslage 259
 Gefahren des Stromes 350
 Gefahrstoffanweisung 77
 Gegenlaufräsen 146
 Genauigkeitsklasse 259
 Geräteschutzsicherungen 182
 Gesamtwirkungsgrad 56
 Gestreckte Länge 131
 Gewichtskraft 49
 Gewinde 111
 Gewindebohrer 113
 Gewindedarstellung 111
 Gewindeprüfung 113, 116
 Gießbarkeit 69
 Giftigkeit 77
 Glättungskondensator 280
 Gleichgewichtsbedingungen 50
 Gleichlaufräsen 147
 Gleichrichterschaltung 279
 Gleichspannungsverstärker 294
 GRAFCET 338
 Grauguss 65
 Greifer 395
 Grenzabmaße 117, 120
 Grenzlehndorn 110
- Grenztaster 306
 Grundlöcher bohren 105
 Grundsteuerungen, pneumatische 407
 Gruppenschaltung, Widerstände 164
 Gusseisen 65
 —, Bezeichnung 80
 Gusseisenherstellung 65
 Gusslegierungen 61
- H**
 Handbereich 355
 Handhabungsachsen 394
 Handsäge 92
 —, Zahnteilung 93
 Härtebarkeit 69
 Härte 68
 Härteprüfung 82
 Hartguss 66
 Hartmetalle 66
 Hauptschaltglieder 303
 Hauptschutz 302
 Heißleiter 267, 271
 Hiebarten 95
 Hiebnummer 96
 Hiebteilung 96
 Hiebzahl 96
 Hilfsschaltglieder 303
 Hilfsstoffe 62
 Hochlastwiderstände 266
 Höchstmaß 117, 120
 Höhenanreißer, Verwendung 98
 Hubarbeit 53
 Hubvorgang 54
 Hysteresekurve 208
- I**
 Impulsventil 398
 Inch 93
 Induktion 213
 Induktionsgesetz 213
 Induktionsofen 64
 Induktiver Näherungssensor 316
 — Widerstand 230
 Induktivität 216

Sachwortverzeichnis

435

Innengewinde 113
 Ion 72
 ISO-Gewinde 111
 Isolationswiderstand 370
 Istmaß 116, 120
 IT-System 365

K

Kaltleiter 267
 Kaltwiderstand 159
 Kantbiegen 128
 Kapazität, Kondensator 196
 Kapazitätsmessung 258
 Kapazitiver Näherungssensor 316
 — Widerstand 232
 Karbide 66
 Kegelstift 135
 Kennzahl, Schütz 303
 Kennzeichnung, Fluidtechnik 404
 Keramische Werkstoffe 66
 Kerbstift 135
 Kinetische Energie 52
 Kleinspannung 355
 Kleinststeuerungen 341
 Klemmen 313
 Klemmringverschraubung 403
 Klemmverbindungen 313
 Knetlegierungen 61
 Kolbenkraft 379, 391
 —, Bestimmung 393
 Kompaktsteuerung 322
 Kondensator 193
 —, an Gleichspannung 99
 Kondensatoren, Kennwerte 201
 Kondensatorkapazität 196
 Konstanzspannungsquelle 295
 Kontaktplan 326
 KOP 326
 Korn 72
 Körnen 90, 100
 Körner 90
 Korngrenzen 72
 Körperimpedanz 350
 Körperschluss 352
 Korrosion 71
 Korrosionsarten 75
 Korrosionsbeständigkeit 71

Korrosionsschutz 74
 Korrosionsschutzmittel 74
 Korrosionsschutzverfahren 74
 Kraft 49
 —, Wirkungslinie 49
 Kraftdarstellung 49
 Kraftpfeil 49
 Kraftwirkung, Magnetfeld 211
 Kreis, magnetischer 209
 Kreisfrequenz 223
 Kreuztrieb 96
 Kristallgemisch 73
 Kristallgitter 72
 Kühlschmiermittel 101
 Kühlschmierstoffe 143
 Kunststoffe 67
 Kupferherstellung 66
 Kupferlegierungen 66
 Kurzschluss 352
 Kurzschlusschutz 179

L

Ladekondensator 280
 Ladung 151
 Ladungsausgleich 151
 Ladungstrennung 151
 Längstransistor 296
 Lastenheft 19
 LDR 274
 LD-Verfahren 64
 LED 287
 Lehren 124
 Leichtmetalle 65
 Leistung 54, 172
 —, Drehstrom 254
 —, negative 231
 —, positive 231
 Leistungsdreieck 237
 Leistungsfaktor 235
 Leistungsmessung 172
 Leistungsverlust 178
 Leiterschluss 352
 Leiterwiderstand 176
 Leitfähigkeit, elektrische 153
 Leitungen, elektrische 176
 Leitungsschutzschalter 183
 Leitwertdreieck 237

Leuchtdioden 287
 Leuchtdrucktaster 306
 Leuchtmelder 306
 Lichtabhängige Widerstände 274
 Lineareinheiten 394
 Liniendiagramm 225
 Logische Verknüpfung,
 Pneumatikelemente 405
 Luftspule 207
 Luftverbrauch 380, 392
 —, spezifischer 393
 Lunker 69

M

M1-Schaltung 279
 Magnetfeld, Kraftwirkung 211
 Magnetfeldenergie 217
 Magnetischer Kreis 209
 Magnetisches Feld 203
 Magnetisierungskurven 208
 Manuelle Zerspanung 85
 Maschinelles Spannen 137
 Maschinengewindebohrer 115
 Maßbezugsebene 87
 Maßtoleranz 120
 Maßverkörperungen 125
 Meilensteine 18
 Merker 324
 Messabweichungen 125
 Messen 122
 Messing 66
 Messschieber 122
 Messung 369
 —, Arbeit 171
 —, Leistung 172
 Metallionen 72
 Metalllegierungen 73
 Mindestbiegeradien 130
 Mindestmaß 117, 120
 Mindeststreckgrenze 134
 Mindestzugfestigkeit 134
 Mischkristall 73
 Modulare Steuerung 322
 Montageplan 45
 Motorschutz 307
 Motorschutzrelais 307
 Motorschutzschalter 308

436

Sachwortverzeichnis

Motorvollschutz 310
Multimeter 257
Muttern 134

N

Näherungssensoren 316
Naturstoffe 62
Negative Flanke 334
Nennmaße 117, 120
Netzsysteme 349
Netzteil, geregeltes 295
Neusilber 66
Neutrale Faser 130
Newtonmeter 52
Nichteisenmetalle 65
NICHT-Verknüpfung 319
Niederspannungssicherungen 181
Nitride 66
Nonius 123
—, Einstellung und Ablesung 99
Normalzustand 397
Not-Aus-Einrichtung 345
Notfall 347
NPN-Transistor 292
NTC-Widerstände 267,271
Nummernsystem 79

O

Oberflächenbeschaffenheit 121
Oberflächengüte 108
Oberhieb 96
ODER-Verknüpfung 319
Öffner 319
Ohmsches Gesetz 155
Ökologische Eigenschaften 76
Operandenteil 324
Operationsteil 324
Optokoppler 322
Oxide 66
Oxidkeramische Schneidstoffe 66

P

Parallelanreißer 89
Parallelschaltung, Widerstände 160

Passungen 118
Passungsarten 119
PELV 355
Periode 222
Periodendauer 222
Permeabilität 207
Pflichtenheft 19
Plastizität 76
Pneumatik 375
—, Bauteilbezeichnung 379
—, Grundsaltungen 383
Pneumatikleitungen 402
Pneumatikplan 382
Pneumatikschläuche 402
Pneumatikventile 397
Pneumatikzylinder 377, 378
—, Bauarten 392
Pneumatische Greifer 395
— Grundsteuerungen 407
PN-Übergang 278
Positive Flanke 333
Potenzial 153
Potenzialdifferenz 153
Potenzielle Energie 52
Potenziometer 264
Primärelemente 189
Probekstab 81
Produktqualität 20
Programmierung, SPS 322
Projekt 17, 20
Projektmanagement 17
Prozessabbild 327
Prüfabweichungen 125
Prüfen 122
Prüfung, RCD 372
—, Schutzmaßnahmen 367

Pt100 267

Pt1000 267

PTC-Widerstand 267

Pulldown-Schaltung 264

Pullup-Schaltung 264

Q

Qualität 18
Qualitätsmanagement 18
Qualitätsregelkreis 20
Querschneide 102

R

Raspeln 96
Rattermarken 106
RCD 362
RCD-Prüfung 372
Recycling 76
Reduktion 62
Redundanz 346
Reedrelais 305
Reibahlen 109
Reiben 108
Reihenschaltung, Widerstände 162
Reißnadeln 88
Reißspan 85
Reitstock 139
Rekombination 277
Relais 304
Relaiskontakte 304
Remanez 208
Resonanz 245
Resonanzfrequenz 245
Restmagnetismus 208
Resultierende 50
Risikobetrachtung 345
Rockwell, Härteprüfung 83
Rockwellhärte 84
Roheisen 62
Rohrleitungsverlegung 390
Rohstoff 62
Rotguss 66
Rückfederung, Biegen 129
Rückschlagventil 381, 399
Rücksetzen 329
Ruhestromprinzip 345

S

Sägeblatt, Einspannen 94
Sägeblätter 92
Sägen 91
Sättigung 208
Satzgewindebohrer 113
Sauerstoffblasverfahren 64
Schafffräser 147
Schaltabstand 316
Schaltfolgediagramm 303
Scheibenfräser 147
Scheinleistung 235

Sachwortverzeichnis

437

- Scheinleitwert 237
 Scheitelwert 225
 Scherspan 85
 Schlauchleitungen 402
 Schleifenimpedanz 360
 Schichten 96
 Schmelzsicherung 180
 Schneideisen 112
 Schneidkeil 85
 Schnellentlüftungsventil 400
 Schnelltrennkupplung 403
 Schnittgeschwindigkeit, Bohren 103
 Schnürung 96
 Schränken 93
 Schrauben 133
 Schraubensicherungen 135
 Schritt 336
 Schrittkette 336
 Schruppen 96
 Schutz durch Isolierung 356
 Schütz, Kontaktbezeichnung 301
 Schutzbeschaltung 305
 Schutzklassen 354
 Schutzleiter, Durchgängigkeit 369
 Schutzmaßnahmen, Prüfung 367
 Schutztrennung 356
 Schweißbarkeit 70
 Schwermetalle 65
 Schwingkreis 245
 Sekundärelemente 190
 Selbsthaltung 320
 Selbstinduktion 214
 Selektivität 184
 SELV 355
 Senker 106
 Senktiefe 107
 Setzen 329
 Sicherheitsregeln 353
 Sicherheitsschaltung 345
 Signalspeicherung 320
 Signalzustand 319
 Signalzustand „0“ 329
 Siliziumkristall 276
 Sintermetalle 66
 Sinterwerkstoffe 66
 Sollmaß 116, 120
 Spanbildung 85
 Spanen 70
 Spanen, maschinelles 137
 Spannfutter 139
 Spannstift 135
 Spannung 81
 —, elektrische 153
 Spannungsbegrenzung 285
 Spannungs-Dehnungs-Diagramm 82
 Spannungsdreieck 234
 Spannungsfall 176
 Spannungsfehlerschaltung 157
 Spannungskonstanter 286
 Spannungsmessung 154, 258
 Spannungsquellen 186
 Spannungsreihe 188
 Spannungsteiler 166, 263
 Spannungsverstärkung 295
 Speicherfunktionen 329
 Speicherprogrammierbare Steuerung 321
 Sperrdioden 279
 Sperrschicht 277
 Spielpassung 119
 Spiralbohrer 102
 —, Werkzeugwinkel 102
 Spiralbohrertypen 103
 Spitzenhöhe 140
 Spitzenweite 140
 Sprödigkeit 69
 SPS 321
 —, Beschaltung 322
 —, Programmierung 322
 Spule an Gleichspannung 218
 —, mit Eisenkern 207
 Spulenwiderstand 229
 Stabilisierungsschaltung 286
 Stähle 78
 —, Bezeichnungen 77
 Stahlguss 65
 Stahlherstellung 64
 Standzeit 70
 Steckschraubverbindungen 403
 Steckverbindung 403
 Sternschaltung 248
 Steueranweisung 324
 Steuerungsaufbau 301
 Stifte 135
 Stiftverbindung 136
 Stirn-Umfangsfräsen 146
 Strangspannungen 247
 Streckgrenze 82
 Strichmaße 125
 Strom, elektrischer 153
 Strombelastbarkeit 176, 179
 Stromdichte 176, 178
 Stromdreieck 237
 Stromempfindlichkeit 359
 Stromfehlerschaltung 157
 Stromkreis 151
 Stromlaufplan 311
 Strommessung 154, 258
 Stromrichtung 153
 Stromschlag 351
 Stromverstärkung 293
 Stückliste 22, 45
 Subsystem 47
 Symboltabelle 34
 Symmetrische Belastung 249
 System, Funktionseinheiten 47
 —, technisches 47
 Systemfunktion 47
 Systemgrenzen 47
- T**
- Technisches System 47
 Teilsystem 47
 Temperaturkoeffizient 159
 Temporguss 66
 Thermistoren 310
 Thermoplaste 67
 TN-System 349
 —, Abschaltzeiten 360
 Toleranzen 116, 120
 Toleranzfelder 119, 121
 Toleranzklassen 117
 Toleriertes Maß 117
 Transistor als Schalter 289
 Transistoren 289
 Transition 336
 Trimpotenzimeter 266
 TT-System 350
 —, Abschaltzeiten 364
 T-Verbindung 386

438

Sachwortverzeichnis

U

Überdruck 396
 Übergangspassung 119
 Überlastschutz 179
 Übermaß 119
 Übermaßpassung 119
 Überspannungsschutz 275
 Überstromschutz 269
 Überstromschutzorgane 179
 Umfangsfräsen 146
 Umformbarkeit 70
 Umformen 70
 Umweltverträglichkeit 63
 UND-Verknüpfung 318
 Unsymmetrische Belastung 255
 Unterspannungsauslöser 309
 Unterwiesene Person 353
 Urformen 70

V

Vakuumsauger 395
 Varistor 275
 VDR 275
 Verbundwerkstoffe 66, 67
 Verdichter 376
 Verformung, elastische 76
 —, plastische 76
 Verkettung 248
 Verkettungsfaktor 249
 Verknüpfungsergebnis 327
 Verlustleistung 262
 Verpolschutz 279
 Verschiebevorgang 54
 Verzögerungsventil 400
 Vickers, Härteprüfung 83
 Vickershärte 83

VKE 327
 Volumenstrom 51
 Vorbohren 105
 Vorgesteuerte Ventile 397
 Vorrangiges Ausschalten 321
 — Einschalten 321
 Vorschub, Fräser 149
 Vorschubbereich 140
 Vorwiderstand 165, 263

W

Walzenfräser 147
 Walzenstirnfräser 147
 Wärme 170
 Wärmebehandlung 65
 Wärmeenergie 53
 Wärmeleitfähigkeit 69
 Warmwiderstand 159
 Wartungseinheit 389
 Wechselstromleistung 227
 Wechselstromtechnik 221
 Wechselventile 386, 400
 Wegeventile 397
 Wellen 93
 Werkstoff 62
 Werkstoffbezeichnungen 77
 Werkstoffeigenschaften 68
 Werkstoffprüfung 81
 Werkstofftechnik 59
 Werkstoffübersicht 63
 Werkzeugschlitten 139
 Widerstand, elektrischer 153
 —, induktiver 230
 —, kapazitiver 232
 Widerstandsänderung, Erwärmung 158

Widerstandsdreieck 234
 Widerstandsmessung 156, 258
 Widerstandsthermometer 267
 Widerstandszunahme 159
 Windeisen 114
 Wirkleistung 235
 Wirkleistungsfaktor 235
 Wirkleitwert 237
 Wirkungsgrad 55, 172
 Wirkungslinie, Kraft 49
 Wirkwiderstand 227

Z

Zähler 171
 Zahnteilung, Handsäge 93
 Z-Dioden 285
 Zeigerdiagramm 225
 Zeitfunktionen 320
 Zeitkonstante, RC 200
 Zerspanbarkeit 70
 Zerspanung, manuelle 85
 Z-Spannung 285
 Zugfestigkeit 82
 Zugkraft 81
 Zugspannung 81
 Zugversuch 81
 Zuluftdrosselung 381
 Zuordnungsliste 34
 Zusatzschutz 363
 Zuschnittlänge 131
 Zwangsführung 307
 Zwangsöffnung 307
 Zweidruckventil 387, 400
 Zweiphasenbetrieb 250
 Zykluszeit 327
 Zylinderstift 135