

Leseprobe

Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

Volker Frank · Christian Kemper · Volker Knipping
Frank Rehmann · Markus Rinkenburger · Hermann Wellers · Robert Wirtz

Christiani – basics

Metalltechnik



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

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.

Inhalt

5

1	Das Projekt	13
2	Werkstofftechnik	31
2.1	Eisenmetalle	31
	Stahl	31
	Herstellung	32
	Gefüge	34
	Legierungen und Stahlsorten	37
	Wärmebehandlung	38
	Stahlguss	40
	Kennzeichnung	41
	Gusseisen	45
	Herstellung	45
	Kennzeichnung	45
2.2	Nichteisen-Metalle	46
	Aluminium	46
	Herstellung	46
	Einteilung	48
	Kennzeichnung	49
	Kupfer	50
	Übersicht	51
2.3	Verbundwerkstoffe	52
2.4	Kunststoffe	53
2.5	Übersicht	53
	Kunststoffe	53
2.6	Werkstoffeigenschaften	55
	Physikalische Eigenschaften	56
	Technologische Eigenschaften	57
	Chemische Eigenschaften	59
	Ökologische Eigenschaften	62
2.7	Werkstoffprüfung	63
	Zugversuch	63
	Härteprüfung	65
3	Fügetechniken	69
3.1	Einteilung der Fügeverfahren	69
3.2	Schraubenverbindungen	71
	Kennzeichnung von Schrauben	72
	Schraubenform	72
	Gewindeart	73
	Abmessungen	74
	Festigkeit	74
	Muttern	75
	Schraubensicherungen	75
	Verbindungsarten	76
	Mindesteinschraubtiefe	77
	Anziehdrehmoment	77
	Vorspannkraft	77
	Spezielle Schraubenarten	79

6**Inhalt**

3.3	Stift- und Bolzenverbindungen	80
	Stifte	80
	Bolzen	81
3.4	Schweißverbindungen	82
	Schweißverfahren	83
	Darstellung	84
4	Elektrotechnik	87
4.1	Elektrischer Stromkreis	87
4.1.1	Elektrische Ladung	88
4.1.2	Elektrische Spannung	88
4.2	Technische Größen des Stromkreises	89
4.2.1	Elektrischer Widerstand	89
	Messung von Spannung und Stromstärke	91
4.2.2	Ohmsches Gesetz	91
4.2.3	Widerstandsmessung	93
	Direkte Widerstandsmessung	93
4.3	Widerstandsänderung bei Erwärmung	93
4.4	Schaltung von Widerständen	95
4.4.1	Parallelschaltung	95
4.4.2	Reihenschaltung	98
4.4.3	Gruppenschaltung	100
4.5	Energieumsatz im Stromkreis	100
4.5.1	Wärme	101
4.5.2	Arbeit	101
	Messung der elektrischen Arbeit	102
	Messung der elektrischen Leistung	102
4.5.3	Leistung	102
4.5.4	Wirkungsgrad	103
4.6	Schutzmaßnahmen	105
4.6.1	Fehlerstromkreis	106
4.6.2	Die fünf Sicherheitsregeln	107
4.6.3	Schutz gegen elektrischen Schlag	109
4.6.4	Schutz durch Kleinspannung	109
4.6.5	Schutz durch verstärkte oder doppelte Isolierung	110
4.7	Fehler in elektrischen Anlagen	111
4.7.1	Kurzschluss	111
5	Fluidtechnik – Pneumatik, E-Pneumatik	117
	Einleitung	117
5.1	Geschichte der Pneumatik	117
5.2	Druckluftherzeugung	118
	Das Medium Luft	118
	Kompressor- bzw. Verdichterarten	119
	Wirkungsgrad bei der Druckluftherzeugung	120
	Kosten und Einsparungsmöglichkeiten bei der Druckluftherzeugung	121
	Vor- und Nachteile der Pneumatik	122

Inhalt

7

5.3	Druckluftaufbereitung	122
	Trocknungsverfahren von Druckluft	123
5.4	Rohrleitungsnetz	125
5.5	Aufbau pneumatischer Systeme	127
5.6	Arbeitselemente der Pneumatik (Aktoren)	128
	Zylinder	128
	Endlagendämpfung	130
	Bestimmung der Kolbenkraft	130
	Kreisringfläche	130
	Spezifischer Luftverbrauch	131
	Symbole	132
	Schwenkantriebe	133
	Symbole	133
	Motoren	134
	Symbole	134
	Greifer	135
	Symbole	135
	Vakuumsauger	135
	Symbole	135
5.7	Ventile	136
	Drosselung	140
	Direkte und indirekte	
	Ansteuerung von Ventilen	140
	Impulsventile	141
	Ventilinseln	141
5.8	Pneumatikleitungen	142
5.9	Berechnungen in der Pneumatik	145
	Pneumatische Berechnungen am Schwenkarm	145
	Berechnung der Gewichtskraft des Schwenkarmes	145
	Berechnung der Kraft für beide doppelt wirkenden Zylinder (Pos. 2.44)	145
	Berechnung der max. Nutzlast (kg) des Schwenkarmes	145
	Berechnung des Luftverbrauchs (bei 20 Hebevorgängen in der Minute)	146
5.10	Aufbau eines Pneumatikplanes mit Kennzeichnung der Bauteile	147
5.11	Logische Verknüpfungen mit Pneumatikelementen	149
5.12	Pneumatische Grundsteuerungen	149
	Grundsaltungen	149
5.13	Funktionsdiagramme	155
	Symbole und Darstellungen	155
	GRAFCET	158
	Symbole von GRAFCET	158
5.14	E-Pneumatik	159
	Erweiterungsauftrag	162
	Projekt Pneumatikstanze	163
	SPS-Programm der Stanze	165
	Zusätzliche Prüfungsfragen Pneumatik	169
	Zusätzliche Prüfungsfragen E-Pneumatik	170

8	Inhalt
6	Steuerungstechnik 173
6.1	Logische Verknüpfungen 174
6.2	Speicherprogrammierung 175
6.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen 177
6.3.1	Beschaltung der SPS 178
6.3.2	Programmierung der SPS 178
6.3.3	Programmiersprachen 179
6.3.4	Programmabarbeitung 180
6.3.5	Programmierung mit Merkern und Klammern 181
6.3.6	Programmierung von Speicherfunktionen 182
6.3.7	Zeitfunktionen 184
6.3.8	Flankenauswertung 186
6.4	Schütze 188
6.5	Befehlsgeräte 189
6.6	Leuchtmelder 190
6.7	Grenztaster 190
6.8	Motorschutz 191
6.8.1	Motorschutzrelais 191
6.8.2	Motorschutzeschalter 191
6.8.3	Motorvollschutz 194
7	Qualitätsmanagement 195
7.1	Internationale Standards durch Qualitätsnormen 196
	DIN EN ISO 9000 196
	DIN EN ISO 9001:2015 196
	DIN EN ISO 9004 196
7.2	Standards, aber keine Norm 196
	EFQM-Modell für Business Excellence 196
	Ludwig-Erhard-Preis 197
	Malcolm Baldrige National Quality Award 197
	Deming Award 197
7.3	Qualitätsmanagementwerkzeuge 197
	Qualitätsmerkmale 198
	Prüfplanung 198
8	Manuelle Zerspanungsverfahren 207
8.1	Schneidkeilgeometrie 208
8.2	Anreißen 210
8.3	Sägen 214
	Sägeblätter 215
8.4	Feilen 218
	Raspeln 220
	Entgraten 220
8.5	Körnen 222

Inhalt

9

8.6 Bohren	223
Säulenbohrmaschine	223
8.7 Senken	229
8.8 Reiben	230
Reiben von Hand	231
8.9 Gewinde schneiden	233
Metrische Innengewinde	234
Gewindebohren von Hand	235
Gewindeschneiden von Hand	236
9 Maschinelle Zerspanungsverfahren	239
9.1 Fräsen	239
Fräsen – Grundbegriffe	240
Fräsverfahren	240
Einteilung der Fräsverfahren	240
Die Einteilung der Fräsverfahren ist in DIN 8589 gegliedert	240
Gegen- und Gleichlaufräsen	241
Planfräsen	242
Rundfräsen	243
Schraubfräsen	243
Wälzfräsen	243
Profilfräsen	243
Formfräsen	243
Fräsmaschinen	244
Arbeitssicherheit an Fräsmaschinen	246
Fräswerkzeuge	246
Einteilung der Fräswerkzeuge	246
Zerspanungsgrößen beim Fräsen	250
Schnittgeschwindigkeit v_c	250
Vorschub pro Zahn f_z	250
Vorschub f	250
Vorschubgeschwindigkeit v_f	251
Arbeitseingriff	251
Schnitttiefe	251
Spannmittel für Werkzeuge	251
Spannmittel für Werkstücke	253
Maschinenschraubstock	253
Spannschrauben	253
Spanneisen	254
Spannunterlagen	254
Flachspanner	254
Spannpratzen	254
Magnetspannplatten	254
Hydraulische Spannsysteme	255
Spannvorrichtungen	255
9.2 Drehen	256
Aufbau von konventionellen Drehmaschinen	257
Kenngößen einer Drehmaschine	257
Grundaufbau	258
Sicherheit an Drehmaschinen	259
Spannmittel	259

10**Inhalt**

Spannmittel für Werkstücke	259
Spannmittel für Werkzeuge	260
Drehverfahren	260
Drehwerkzeuge	261
Schneidengeometrie	262
Schnittdaten beim Drehen	263
Kräfte beim Drehen	266
Spankontrolle	266

9.3 Standzeit und Verschleiß..... 267

Verschleißursachen	268
Verschleißformen	269

10 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz..... 271**10.1 Arbeitssicherheit in Deutschland, wie alles begann..... 271**

Gesetzliche Unfallversicherung für Arbeitnehmer	271
---	-----

10.2 Gesetzliche Vorschriften und Regeln der Arbeitssicherheit..... 272

Pflichten des Arbeitgebers nach § 4 ArbSchG (Zusammenfassung)	272
Pflichten des Arbeitnehmers nach § 15 ArbSchG (Zusammenfassung)	272

10.3 Unterrichtung und Unterweisung..... 273**10.4 Arbeitsmittel..... 273**

Wer darf ein Arbeitsmittel benutzen?	273
Bestimmungsgemäße Verwendung von Arbeitsmitteln	274
Beispiel einer bestimmungsgemäßen Verwendung	274

10.5 Ergonomie am Arbeitsplatz..... 275**10.6 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)..... 275****10.7 Lärmschutz..... 276****10.7.1 Lärmexposition..... 277****10.8 Gefahrstoffe..... 277**

Gefahrensymbole	278
Wirkung von Gefahrstoffen auf den Menschen	279
Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)	279

10.9 Sicherheitskennzeichen..... 280

Farben und Formen	280
Verbotszeichen	280
Warnzeichen	281
Brandschutzzeichen	281
Gebotszeichen	282
Rettungszeichen	282
Prüfungsfragen	283

11 Warten von Betriebsmitteln..... 287**11.1 Instandhaltung nach DIN 31051..... 287**

Definition	287
Aufgaben und Ziele der Instandhaltung	287
Unterteilung der Instandhaltung	288
Inspektion	288
Wartung	288

Inhalt

11

Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)	290
Softwaregestützte Instandhaltung	290
Anforderungen an das Instandhaltungspersonal	291
Organisationsvarianten der Instandhaltung	292
Betriebs- und Wartungsanleitungen	293
Mindestanforderung an die regelmäßige Inspektion und Wartung	293
Richtiges Aufstellen von Maschinen	295
Projekt	296

12 Technische Kommunikation 297

12.1 Projektionsmethoden 297

Projektionsmethode 1	297
Projektionsmethode 3	297

12.2 Linien und Strichstärken 298

12.3 Projektionen 298

12.4 Schnittdarstellungen 300

Vollschnitt:	300
Halbschnitt	301
Teilschnitt:	301
Bruchkanten	301

12.5 Bemaßungen 301

Lineare Bemaßungen	302
Bemaßung von Durchmessern und Radien	302
Bemaßung von Fasen	302
Kantenbruch	302
Bemaßen und Darstellung von Gewinden	303
Bemaßen von Nuten	303
Spezielle Maße	304

12.6 Toleranzangaben in Zeichnungen 304

Nennmaß	304
Istmaß	305
Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768-1	305
Toleriertes Maß mit Toleranzklassen	305

12.7 ISO-System für Grenzmaße und Passungen 306

Passungsarten	306
---------------------	-----

12.8 Oberflächenangaben 308

12.9 Form- und Lagetoleranzen 309

Form- und Lagetoleranzen nach DIN ISO 1101	309
Toleranzrahmen	309

13 Prüftechnik 311

13.1 Prüfmethoden 311

13.2 Messgeräte 312

Längenmessung	312
Stahlmaßstab	312
Messschieber	312
Messschraube	316

12

Inhalt

Messuhr	317
Winkelmessung	318

13.3 Lehren 319

Maßlehren	320
Formlehren	320
Haarlineal	320
Radienlehre	320
Winkellehre	320
Gewindelehre	320
Grenzlehren	320
Grenzlehrdorn	321
Grenzrachenlehre	321

13.4 Prüfabweichungen 321

14 Arbeitsplanung 323

14.1 Arbeitsplanung 325

14.2 Arbeitsplan 325

Arbeitsplanaufbau	325
Arbeitsplan Fertigung	326
Arbeitsplan Montage	326

Anhang

Prüfungsaufgaben

A Werkstofftechnik	331
B Manuelle Zerspanungsverfahren	334
C Prüftechnik	338
D Fügetechniken	341

Firmenverzeichnis 345

Sachwortverzeichnis 347



Prüfung

1. Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen Stahl und Gusseisen?
2. Wie verändert sich die Festigkeit eines Werkstückes mit steigendem Kohlenstoffgehalt?
3. Wodurch unterscheiden sich niedrig- und hochlegierte Stähle in der chemischen Zusammensetzung?
4. Wie lässt sich die Korrosionsbeständigkeit von Stahl verbessern?
5. Welche Legierungselemente verbessern
 - a) die Zerspanbarkeit?
 - b) die Schweißbarkeit?
6. Welchen Einfluss hat das Legierungselement Ni auf die Stahleigenschaften?

Wärmebehandlung

Durch gezielte Wärmebehandlungen kann das Gefüge des Stahls verändert und damit seine Eigenschaften ebenfalls gezielt verbessert werden.

Die Wärmebehandlung besteht meist aus drei Verfahrensschritten:

1. Auf eine bestimmte Temperatur aufheizen.
2. Bei dieser hohen Temperatur (für kurze oder längere Zeit) halten.
3. Anschließend (langsam oder schnell) wieder abkühlen.

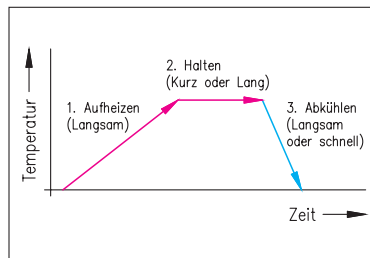


Bild 9 Abläufe beim Wärmebehandeln

Wichtige Parameter bei der Wärmebehandlung sind

- die Aufheiztemperatur,
- die Haltezeit bei dieser Temperatur und
- die Abkühlzeitgeschwindigkeit.

Abhängig von diesen Parametern unterscheidet man

- das Glühen,
- das Härten und
- das Anlassen/Vergüten.

Durch das **Glühen** werden unter anderem ungünstige Spannungen beseitigt, die im Gefüge vorhanden sind. Diese können z. B. durch Walzen oder Schweißen des Werkstückes entstanden sein.

Abhängig von der Erwärmungstemperatur und -zeit unterscheidet man zwischen **Rekristallisationsglühen**, **Weichglühen** und **Normalglühen**. Bei diesen Glühverfahren erfolgt ein nur kurzzeitiges Halten der Temperatur und eine langsame Abkühlung.

Beim **Diffusionsglühen** wird bis zu 50 Stunden geglüht, unter anderem zum Ausgleich von Unterschieden in der chemischen Zusammensetzung.



Bild 10 Glühen eines Stahlteiles

Das **Härten** dient zur Erhöhung der Härte und Verschleißfestigkeit. Das Werkstück wird erwärmt und anschließend sehr schnell abgekühlt („abgeschreckt“), z. B. in einem Öl- oder Wasserbad. Abhängig von der Art der Erwärmung unterscheidet man zwischen **Flammhärten** (Erwärmung mit einem Brenner) und **Induktionshärten** (Erwärmung durch elektrische Induktion).

Wärmebehandlungsverfahren



Glühen

Beim Glühen erfolgt eine langsame Abkühlung des Werkstücks (z. B. in Luft).

Glühen



Härten



Abschrecken

Schnelles Abkühlen eines Werkstücks (z. B. in Wasser oder Öl).

Stifte, Stiftverbindungen, Bolzen

81

Spannstift

Hergestellt aus *Federstahlblech*; Durchmesser 0,2 bis 0,5 mm größer als der Bohrungsdurchmesser.

Beim Eintreiben verformen sich die in Längsrichtung geschlitzten Spannstifte und spannen sich *rüttelsicher* gegen die Lochwände.

Spannstifte lassen sich leicht austreiben und sind danach erneut verwendbar.

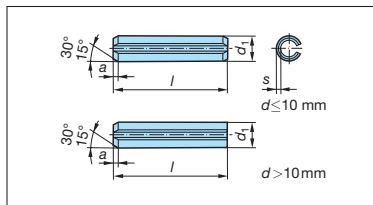


Bild 25 Spannstift

Stiftverbindungen herstellen

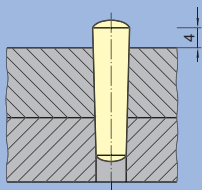
Die Aufnahmebohrungen für Stifte in den zu fügenden Teilen müssen im *gefügten Zustand* der Teile *fertiggebohrt* und *gerieben* werden, damit eine *genaue Passung* erreicht werden kann.

Dazu müssen die Teile durch *Schrauben* oder *Spannverbindungen* gegen *Verdrehen* oder *Verschieben* gesichert sein.

Beim Bohren der Aufnahmebohrung für *Zylinderstifte* ist die *Bearbeitungszugabe* für das Reiben zu beachten.

Für *Kegelstifte* wird die Aufnahmebohrung auf den *kleinsten Stiftdurchmesser* (Nenn-durchmesser) gebohrt und dann mit der Kegelahle aufgerieben. Dabei die Eindringtiefe des Kegelstiftes öfter prüfen.

Die Stiftkuppe soll nach Einführen des Stiftes von Hand etwa 4 mm über der Bohrungskante liegen.



Die Kegelstifte können beim Eintreiben leicht „fressen“, d. h. mit dem Werkstoff des Werkstücks kalt verschweißen. Das kann aber durch leichtes Einfetten des Stiftes vermieden werden.

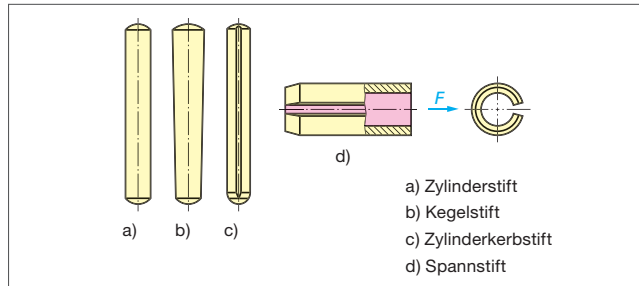


Bild 26 Stifte

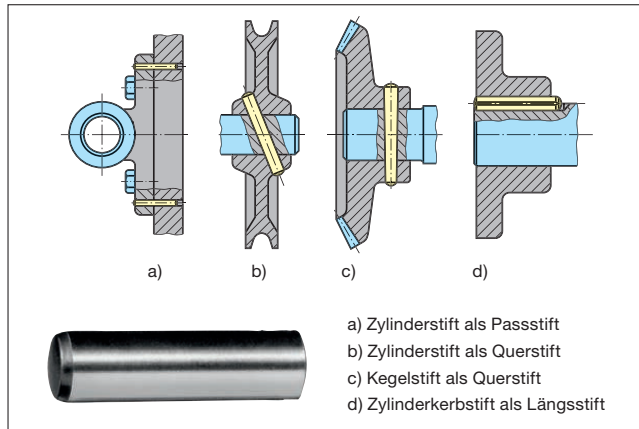


Bild 27 Zylinderstifte

Bolzen

Bolzen stellen *Gelenkverbindungen* her.

Sie werden mit und ohne *Kopf* eingesetzt und müssen bei einem Bohrungssitz mit *Spielpassung* durch *Scheiben* und *Sicherungselemente* gehalten werden.

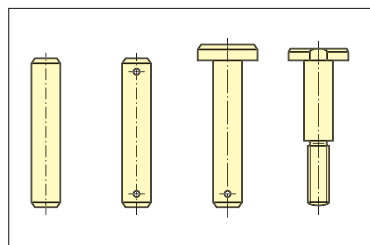


Bild 28 Bolzen

Der *Bolzenwerkstoff* ist überwiegend aus Stahl, der *härter* als der Bauteilwerkstoff sein soll.



Sechskantmutter
hexagonal nut

Splint
cotter, splint pin

Bolzen
pin

Stift
pin

Stiftsicherung
pin lock

Kegelstift
taper pin

Kerbstift
notch pin

Spannstift
spring pin

Motoren

Symbole

Druckluftmotor mit einer Drehrichtung (konstante Geschwindigkeit)	
Druckluftmotor mit einer Drehrichtung (einstellbare Geschwindigkeit)	
Druckluftmotor mit zwei Drehrichtungen (einstellbare Geschwindigkeit)	

Bei einem Druckluftmotor wird die pneumatische Energie in eine Rotationsbewegung umgewandelt. Es gibt einige unterschiedliche Motortypen, die aufgrund ihres Aufbaus in vielen verschiedenen Bereichen eingesetzt werden können.

Hierbei werden im Wesentlichen Turbinen-, Lamellen-, Axial- und Radialkolbenmotoren in der Industrie eingesetzt.

Beim Anlaufen eines Lamellenmotors steht ein großer Teil des Drehmomentes zur Verfügung.

Turbinenmotoren (Zahnarztbohrer) erreichen Drehzahlen von 450 000 U/min.

Übersicht verschiedener Druckluftmotoren

Bezeichnung	Leistung in KW	max. Drehzahl	Einsatzzweck
Turbinenmotor	gering	450 000 U/min	z. B. Zahnarztbohrer, kleine Schleifwerkzeuge
Lamellenmotor	0,1 – 6	20 000 U/min	verschiedene Handwerkzeuge
Axial- Radialkolbenmotor	1,5 – 19	5 000 U/min	Schwermaschinen-industrie

Eigenschaften von Druckluftmotoren:

- Stufen regelbare Drehzahlen und Drehmomente.
- Sofortiges Anlaufen-, Anhalten und Umkehren der Drehrichtung.
- Hohes Anlaufmoment.
- Sehr hohe Drehzahlen realisierbar.
- Einsatz in gefährlicher Umgebung möglich (explosionssicher).
- Sehr robust und wartungsfreundlich.
- Überlastsicher.

Beim Anlaufen des Lamellenmotors kann direkt ein großer Teil des Drehmomentes abgerufen werden.



Bild 30 Lamellenmotor

Aufgrund seiner einfachen und robusten Bauweise hat sich der Lamellenmotor in den meisten Bereichen durchgesetzt.

Er arbeitet nach dem Gasexpansionsprinzip und besteht aus einem geschlitzten Rotor, der exzentrisch in einem Gehäuse gelagert ist. In dem geschlitzten Rotor sind Lamellen eingesteckt, die sich bei Rotation durch die Fliehkraft an das Innere des Gehäuses anschmiegen. Zwischen den Lamellen wird der Arbeitsraum der Druckluft in Drehrichtung immer größer. Das hat zur Folge, dass die Druckluft expandieren (sich ausdehnen) kann und die kinetische Energie der Druckluft in eine Drehbewegung des Rotors umgewandelt wird.

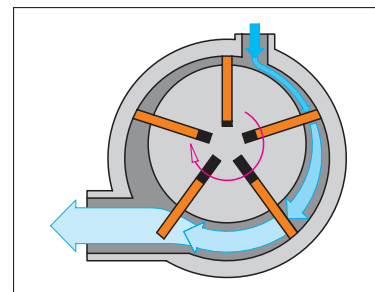


Bild 31 Lamellenmotor im Schnitt

■ Gasexpansionsprinzip

Bei der Gasexpansion dehnt sich eine bestimmte, unter Druck stehende Gasmenge aus. Das Volumen des Gases nimmt somit zu.

Phase 3: KF3 = „1“

Keine Veränderung in Bezug auf Phase 2; Selbsthaltung (Bild 7).

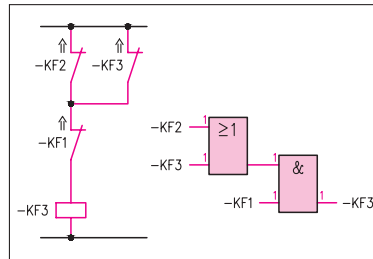


Bild 7 Phase 3

Phase 4: KF2 = „0“

Schütz ist in Selbsthaltung, Signalspeicherung (Bild 8).

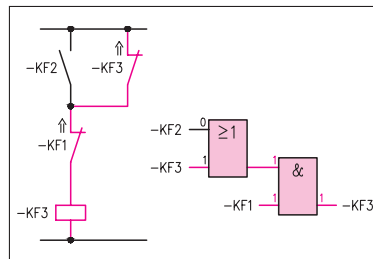


Bild 8 Phase 4

Phase 5: KF1 = „0“

Schütz ausgeschaltet, Selbsthaltung fällt ab (Bild 9).

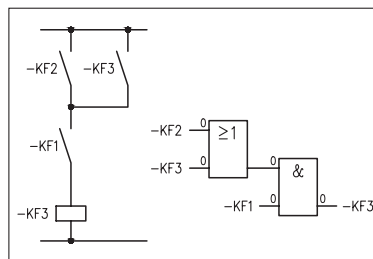


Bild 9 Phase 5

Darstellung bei einer einfachen Schützsteuerung

S1 ist ein Öffner. Im *unbetätigten* Zustand hat er Stromdurchgang, liefert den Signalzustand „1“. Nur bei SF1 = „1“ ist die UND-Funktion erfüllbar (Bild 10).

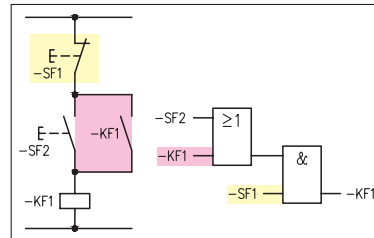


Bild 10 Einfache Schützschaltung und FUP

Drahtbruchsicherheit ist eine wesentliche Eigenschaft von Öffnern beim Ausschalten.

Ein *betätigter* Öffner *unterbricht* den Stromkreis. Die gleiche Wirkung hat eine durch Fehler hervorgerufene Leitungsunterbrechung oder eine gelöste Klemmverbindung.

Öffner sind **drahtbruchsicher**.

Vorrangiges Ausschalten

Öffner SF1 und Schließer SF2 werden *gleichzeitig* betätigt.

Das Schütz kann dann nicht eingeschaltet werden oder bleiben, da der Öffner den Spulenstrom unterbricht.

Im Funktionsplan (FUP) liefert der betätigte Öffner „0“-Signal (SF1 = „0“) und blockiert damit die UND-Funktion.

Es liegt **vorrangiges Ausschalten** vor.

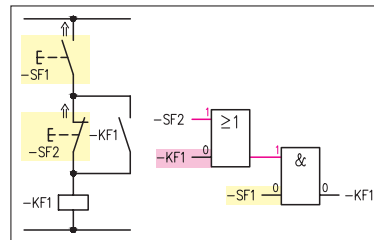


Bild 11 Vorrangiges Ausschalten

Vorrangiges Einschalten

Öffner SF1 und Schließer SF2 werden *gleichzeitig* betätigt.

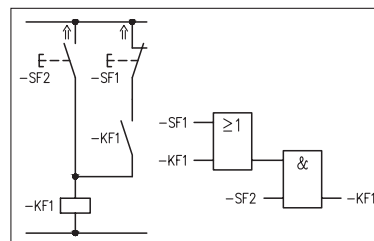


Bild 12 Vorrangiges Einschalten

Sägen, Sägeblätter

215

Zum Abtrennen von Rohren, langen Profilen oder bei der Serienfertigung kann man **Maschinensägen** einsetzen.

Diese Sägen sind mit einer **Spannvorrichtung** und einem **verstellbaren Anschlag** ausgestattet.

Der Antrieb erfolgt durch einen Elektromotor.

Bei der **manuellen Zerspanung** wird die **Trennkraft** durch **Muskelkraft** aufgebracht.

Auch die **Werkzeugbewegung** wird von **Hand** ausgeführt.



Bild 14 Sägen mit Handbügelsäge

Hierbei werden **Kräfte** aufgebracht, die über das geführte Werkzeug (Handsäge) durch keilförmige Schneiden Späne abtragen.

Die Späne werden in den Schneidenzwischenräumen aus der Trennfuge abgeführt.

Sägeblätter führen nur in **einer Richtung** eine Schnittbewegung aus.

Der **Arbeitshub** wird mit Druck ausgeführt (Schnittbewegung).

Der **Rückhub** erfolgt ohne Druck und dient nur dem erneuten Ansetzen des Arbeitshubs.

Die keilförmigen Schneiden des Sägeblatts nennt man **Zähne**.

Sägeblätter

Das **einseitig gezahnte** (Form A) und das **doppelseitig gezahnte** Sägeblatt (Form B) werden am häufigsten verwendet.

Die **Zähne** des Sägeblatts sind hintereinander gereichte kleine **Schneidkeile**.

Die Form der Schneidkeile wird durch die **Winkel** und **Flächen** bestimmt.

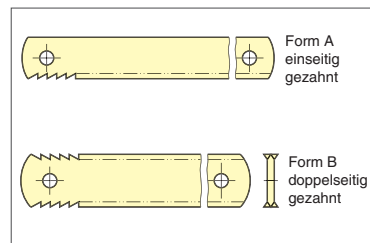


Bild 16 Sägeblätter

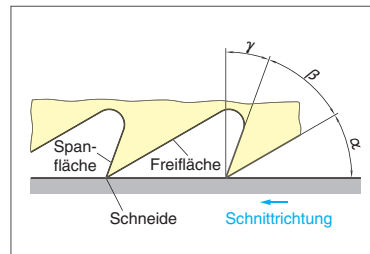


Bild 17 Winkel und Flächen am Sägezahn

- **Spanfläche**
Über sie gleitet der Span bei Sägen.
Ist immer der Schnitttrichtung zugewandt.
- **Freifläche**
Fläche des Schneidkeils.
Ist der Schnitttrichtung abgewandt.

■ Sägeblatt einspannen → 217



Halbzeug
semifinished material

Fertigung
fabrication, manufacture, production

Sägen
sawing

Sägeschnitt
saw-cut

Sägeblatt
saw-blade

Sägemaschinen
sawing machines

Bügelsäge
hack saw

Zahnteilung
spacing

Spanfläche
face

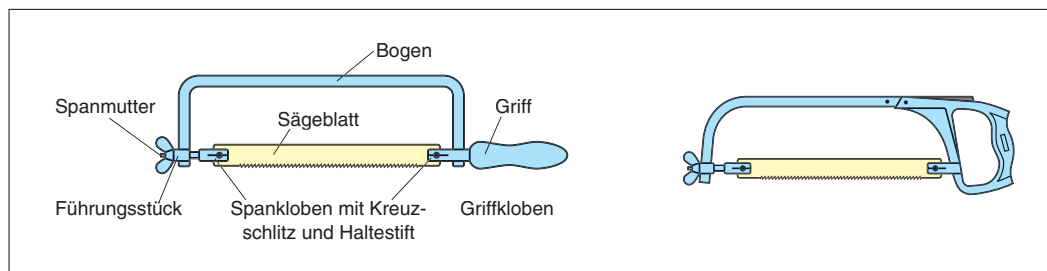


Bild 15 Handsägen, unterschiedliche Ausführungsformen

Sachwortverzeichnis

347

Sachwortverzeichnis

A

Abdeckung 109
 Abfrage eines Öffners 183
 Ablesegenauigkeit 318
 Abschaltvermögen 192
 Abstand 109
 Adhäsionskraft 123
 Adsorptionstrockner 123
 Akteur 128
 Allgemeintoleranzen nach
 DIN ISO 2768-1 305
 Aluminium 46
 Aluminium-Gusslegierung 49
 Aluminium-Knetlegierung 48
 Anlassen 39
 Anreißen 210
 Anreißplatte 210
 Ansteuerung, indirekte 141
 Anziehdrehmoment 77
 Arbeit 101
 —, elektrische 102
 —, mechanische 101
 Arbeitseingriff 251
 Arbeitsmittel 273
 Arbeitsplan 325
 — Fertigung 326
 — Montage 326
 Arbeitsplankopf 325
 Arbeitsplanung 323
 Arbeitsplatzgrenzwert 279
 Arbeitsschutzgesetz 272
 Arbeitssicherheit an
 Fräsmaschinen 246
 Atmosphäre 118
 Atom 88
 Auslösekennlinie 192f.
 Auslöser
 —, elektromagnetischer 114, 191
 —, thermischer 191
 Ausschalten, vorrangiges 176
 Ausschusslehre 321
 Außengewinde 236
 AUTO 192
 Autogenschweißen 83
 Automatenstahl 42

B

Bahnsteuerung 246
 Bandmaß 312
 Basisschutz 109
 Baugruppe 69

Bauxit 46
 Befestigungsgewinde 73
 Bemaßung 301
 —, lineare 302
 — von Durchmessern und
 Radien 302
 — von Fasen 302
 — von Gewinden 303
 — von Nuten 303
 Berufsgenossenschaft 271
 Berührungsspannung 107
 —, höchstzulässige 106
 —, zulässige 107
 Bewegungsgewinde 73
 Bimetall 192
 Bimetallauslöser 114, 191
 Bit 179
 Bohren 223
 Bolzen 81
 Brennbarkeit 62
 Brinellhärte 65
 Bronze 50
 Bruchdehnung 65
 Bruchkante 301
 Bügelmessschraube 316

C

Chrom 37
 Coulomb (C) 88

D

Darstellung von Gewinden 303
 Dehngrenze 63
 Dehnschraube 79
 Deming Award 197
 Diazed-Sicherungssystem 113
 Dichte 56
 DIN EN ISO 9000 196
 DIN EN ISO 9001:2015 196
 DIN EN ISO 9004 196
 Doppelunterbrechung 188
 DO-System 113
 Drahtbruchsicherheit 176, 191
 Drehen 256f.
 —, Kräfte 266
 —, Schnittdaten 263
 Drehmaschine 257
 Drehmomentschlüssel 77
 Drehverfahren 260
 Drehwerkzeug 261
 Drosselung 140
 Druckluft 117

Druckluftaufbereitung 122, 124
 Drucklufterzeugung 120
 Druckluftfilter 124
 Druckluftmotor 134
 Druckluftnetz 121
 Druckluftöler 125
 Druckluftspeicher 126
 Druckregelventil 125, 139
 D-System 113
 Durchsteckverbindung 76
 Duroplast 53

E

Edelstahl 37
 Edelstahlrohr 127
 EFQM 196
 Einbaumessschraube 316
 Eingriffsgrenze
 —, obere 200
 —, untere 200
 Einsatzhärten 39
 Einschalten, vorrangiges 176
 Einschaltverzögerung 184
 — bei SPS 184
 —, speichernde 185f.
 Einwirkzeit 106
 Einziehverbindung 76
 Eisen 31
 Eisenerz 32
 Eisen-Kohlenstoff-Diagramm 34
 Eisenmetall 31
 Elastizität 62
 Elastomer 53
 Elektrizitätsmenge 88
 Elektrofachkraft 107
 Elektronendrift 94
 Elektronenflussrichtung 90
 Elementarladung 88
 Endlagendämpfung 130
 Energie 102
 —, pneumatische 120
 Entgraten 220
 E-Pneumatik 159
 Erdschluss 106, 114
 Ergonomie 275
 Ersatzwiderstand R_E 97
 Erster Kirchhoffscher Satz 96

F

Fächerscheibe 76
 Federring 75

348

Sachwortverzeichnis

Fehler
—, kritischer 198
—, persönlicher 322
—, umgebungsbedingter 322
Fehler-Sammelliste 204
Fehlerschutz 109
Fehlerspannung 106
Fehlerstrom 107
Fehlerstromkreis 106
Feile
—, gefräste 219
—, gehauene 219
Feilen 218
Feingewinde 73
Feinzeiger 317
Fertigungsverfahren 210
Festigkeit 37
Festigkeitsklasse
— von Muttern 75
— von Schrauben 74
Fingersicherheit 109
Flachsenker 229
Flanke
— negative 186f.
— positive 186
Flankenbewertung 186
Fließspan 209
Folgeschaltung 184
Formlehre 319
Formtoleranz 309
Fräsen 239
Fräsmaschine 244
— numerisch gesteuerte 246
Fräsverfahren 240
Fräswerkzeug 246
Freiauslösung 114
Freifläche 215
Freischalten 107f.
Freischnitt 217
Freiwinkel 208
Fügen 69
Fügeverfahren 69
Fühlerlehre 320
Funktionsplan 178f.
Funktionsziffer 188
FUP 178f.
Fußkontakt 112

G

Gasgemisch 118
Gasschweißen 83
Gaußsche Normalverteilung 200
Gebrauchskategorie 189

Gefahren des elektrischen Stromes 105
Gefahrensymbol 278
Gefahrstoff 277
Gefahrstoffanweisung 63
Gegenaufräsen 241
Gelenkverbindung 81
Gesamtwiderstand 98, 100
Gesamtwirkungsgrad 103
Gewinde
—, mehrgängiges 74
—, metrisches 73
Gewindeart 72
Gewindebohrersatz 234
Gewindebohrung 233
Gewinde-Grenzlehrdorn 320
Gewindelehre 320
Gewindesteigung 73
Gewindestift 73
Giftigkeit 63
Gigawatt 102
Glasfasergewebe 52
Gleichaufräsen 241
Gliedermaßstab 312
Glühen 38
GRAFCET 158
Grauguss 45
Greifer 135
—, pneumatischer 135
Grenzabmaß
—, oberes 304
—, unteres 304
Grenzlehrdorn 321
Grenzlehre 319f.
Grenzrachenlehre 321
Grenztafel 190
Grundlöcher 228
Grundverknüpfung 174
Gruppenschaltung 100
Gusseisen 31
Gutlehre 321

H

Haarlineal 320
Halbschnitt 301
HAND 192
Handbereich 109
Handsäge 214
Härte 37
Härten 38
Härteprüfung 63
Hartguss 45
Hartmetall 52

Hauptfehler 198
Hauptschaltglied 188
Hauptschütz 188
Hebezeug 295
Heißeiter 93
Hiebart 219
Hiebnummer 220
Hiebteilung 220
Hiebzahl 220
Hilfskontakt, zwangsgeführter 191
Hilfsschaltglied 188
Hilfsschütz 189
Histogramm 204
Hochofen 33
Höchstmaß 304
Höhenanreißer 210
hPa (Hektopascal) 118
Hutmutter 75

I

Impedanz 105
Impulsventil 141
Inbetriebnahme 295
Innengewinde 234
Inspektion 287
Instandhaltung 287
—, dezentrale 292
—, kombinierte 292
—, zentrale 292
Instandsetzung 287
Ion
—, negatives 88
—, positives 88
Ishikawa-Diagramm 204
Isolierauskleidung 110
Isolierumkleidung 110
Isolierung 109
ISO-System für Grenzmaße und Passungen 306
Istmaß 305

K

Kabinett-Projektion 299
Kältetrockner 123
Kaltleiter 93, 95
Kaltumformen 57
Kantenbruch 302
Kavalier-Projektion 299
Kegelsenker 228
Kegelstift 80
Kehlnaht 84
Keilwinkel 208
Kelvin (K) 94
Kennzahl 188

Sachwortverzeichnis

349

Kennzeichen 179
 Kerbschlagarbeit 41
 Kerbstift 80
 Kernlochbohrung 234
 Kleinspannung 109
 Kleinspannungsstromkreis 110
 Kleinststeuerung 177
 Knotenpunkt 96
 Knotenpunktregel 96
 Kohlenstoff 31
 Kolbenkompressor 120
 Kompaktsteuerung 177
 Kompressor 119
 Kontaktkorrosion 59
 Kontaktplan 179
 Kontermutter 76
 Kontinuierliche Verbesserung (KVP) 206
 KOP 179
 Kopfschraube 73
 Kopplung
 —, magnetische 132
 —, mechanische 132
 Körnen 222
 Körner 222
 Körper 107
 Körperimpedanz 105
 Körperschluss 106
 Körperstrom 105
 Körperwiderstand 106
 Korrelations-Diagramm 205
 Korrosion 37
 —, chemische 59
 —, elektrochemische 59
 Korrosionsschutz 60
 —, aktiver 60
 —, passiver 60
 Kronenmutter 75
 Kundenorientierung 206
 Kunststoff 53
 Kunststoffrohr 127
 Kupfer 50
 Kupferrohr 127
 Kurzschluss 106, 111
 Kurzschlusschutz 112
 Kurzschlussstrom 111

L

Ladung, elektrische 88
 Ladungsausgleich 88
 Ladungsmenge 88
 Ladungstrennung 88
 Lagetoleranz 309

Lampe 87
 Längenmessgerät 312
 Lärmexposition 277
 Lärmschutz 276
 Leckage 121
 LED-Lampe 87
 Legierung 31
 Lehren 311
 Leichtmetall 44
 Leistung 102
 —, elektrische 102
 Leiterschluss 106
 Leitfähigkeit 91
 —, elektrische 57
 Leitfähigkeit, elektrische 90
 Leitung, elektrische 90
 Leitungsschutzschalter 113
 Leitwert G 97
 Leuchtmelder 190
 Lichtbogen 192
 Lichtbogenhandschweißen 84
 Lichtbogenlöschkammer 114
 Lichtbogenschweißen 83
 Lichtwirkung 105
 Linie 298
 Linksgewinde 74
 Losgröße 198
 Ludwig-Erhard-Preis 197
 Luftdichte 118
 Luftdruck 118
 Luftfeuchtigkeit 119
 Lufttemperatur 119
 Luftverbrauch 146
 —, spezifischer 131

M

MAG-Verfahren 84
 Makromolekül 53
 Malcolm Baldrige National Quality Award 197
 Mangan 37
 Maschinensägen 215
 Maßhilfslinie 301
 Maßlehre 319
 Maßlinie 301
 Megawatt 102
 Membrankompressor 120
 Membrantrockner 123
 Merker 179
 Merkmal
 —, qualitatives 198
 —, quantitatives 198

Messabweichung 321
 —, systematische 322
 —, zufällige 322
 Messen 311
 Messgerät 312
 Messing 50
 Messreihe 199
 Messschieber 312
 Messschraube 316
 Messspindel 316
 Messuhr 317
 Messung
 — der elektrischen Arbeit 102
 — der elektrischen Leistung 102
 Middle Third 203
 MIG-Verfahren 84
 Mikrowatt 102
 Milliwatt 102
 Mindesteinschraubtiefe 77
 Mindestmaß 304
 Minuspol 90
 Mitarbeiterorientierung 206
 Molybdän 37
 Montagereihenfolge 326
 Motorschutz 191
 Motorschutzrelais 191
 Motorschutzschalter 191
 —, eigensicherer 192
 Motorvollschutz 194
 Mutter 75
 —, selbstsichernde 76

N

Nahtart 84
 Nahtposition 85
 Nebenfehler 198
 Negation 175
 Nennmaß 304
 Neozed-Sicherungssystem 113
 Neusilber 50
 NH-Sicherungssystem 113
 NICHT 175
 Nichteisen-Metall 46
 Nickel 37
 Nitrierhärten 39
 nominal 198
 Nonius 312
 Nutmutter 75
 Nutzenergie 103

O

Oberflächenangabe 308
 ODER 174
 ODER-Verknüpfung 152

350

Sachwortverzeichnis

OEG 197
Offenstellung 191
Öffner 87, 175
Ohmsches Gesetz 91
Operandenteil 179
Operationsteile 179
Opferanode 60
Optokoppler 178
ordinal 198
OTG 203

P

Parallelschaltung 95
Pareto-Diagramm 204
Passivschicht 59
Passring 112
Passschraube 79, 112
Passungsart 306
PELV 109
Periode 203
Persönliche Schutzausrüstung 275
Person, unterwiesene 107
Plastizität 62
Pluspol 90
Pneumatik 117
Pneumatikleitung 142
Pneumatikventil 136
Pneumatikzylinder 128
Pol
—, negativer 88
—, positiver 88
Programmabarbeitung 180
Programmbearbeitung,
zyklische 180
Programmiergerät 177
Programmiersprache 179
Programmierung 178
Programmspeicher 177
Projektion
—, dimetrische 298
—, isometrische 298
Projektionsmethode 297
Protector 194
Prozessabbild 180
— der Ausgänge 180
— der Eingänge 180
Prozessorientierung 206
Prozessregelkarte 201
Prüfabweichung 321
Prüfen 311
—, objektives 311
—, subjektives 311
Prüfmittelfehler 322

Prüfplanung 198
PSA 275
PTC-Widerstand 95

Q
QM-Handbuch 202
Qualität 195
Qualitätsaudit 202
Qualitätslenkung 195
—, statistische 199
Qualitätsmanagement 195
Qualitätsmanagement-
werkzeuge 197
Qualitätsmerkmal 198
Qualitätsplanung 195
Qualitätsregelkarte 199f.
Qualitätsregelkreis 195
Qualitätssicherung 195
Qualitätsverbesserung 195
Qualitätsziel 195

R

Radienlehre 320
Randschichthärten 39
Raspel 220
Rattermarke 230
Rechtsgewinde 74
Recycling 62
Reedkontakt 162
Regelgewinde 73
Reibahle 230
Reiben 230
Reihenschaltung 98
Reißnadel 211
Reißspan 209
Risikobeurteilung 275
Rockwellhärte 66
Roheisen 33
Rohrgewinde 73
Rohrleitungsnetz 125
Rotguss 50
RS-Kippglied 182
Rücksetzeingang 182
Run (in Folge) 203

S

Sägeblatt 215
Sägegewinde 73
Sägen 208, 214
Säulenbohrmaschine 223
Schaftschraube 79
Schalter 87
Schaltfolgediagramm 189
Schaltfunktion 174

Schaltgerät 191
Schaltschloss 193
Schaltvermögen 114
Schaltweg 189
Scherspan 209
Schließer 87
Schmelzeinsatz 112
Schmierplan 294
Schneidengeometrie 262
Schneidkeil 208
Schnellarbeitsstahl 42
Schnellwechselhalter 260
Schnittdarstellung 300
Schnittgeschwindigkeit 226,
250, 264
Schnittkraft 266
—, spezifische 266
Schnitttiefe 251
Schraube 69, 78
Schraubenform 72
Schraubenkompressor 120
Schraubensicherung 75
Schraubkappe 112
Schraubkontakt 112
Schütz 188
—, Kenndaten 189
Schutzart 109
Schutzgasschweißen 84
Schutzgerät 191
Schutzklasse 108
Schweißbarkeit 37, 58
Schweißelektrode 84
Schweißverbindung 82
Schweißverfahren 83
Schwenkantrieb 133
Schwermetall 44
Sechskantmutter 75
Sechskantschraube 73
Selbsthaltung 175
selbsthemmend 78
SELV 109
Senken 229
Senkschraube 73
sequenziell 180
Setzeingang 182
Shewhart-Regelkarte 200
Sicherheitsabstand 295
Sicherheitsregel 107
Sicherungsblech 76
Sicherungssockel 112
Signalspeicherung 175
Signal-Zeit-Diagramm 185
Signalzustand 174

Sachwortverzeichnis

351

Signalzustand „0“ 175
Signalzustand „1“ 175
Sinterwerkstoff 52
Spaltkorrosion 60
Span 208
Spanart 209
Spanbildung 266
Spanfläche 215
Spankontrolle 266
Spannmittel
— für Werkstücke 253
— für Werkzeuge 251
Spannstift 81
Spannung 63
—, elektrische 88, 90
—, elektrische 87
Spannung-Dehnungs-Diagramm 63
Spannungsmessung 91
Spannungsreihe,
 elektrochemische 59
Spannweite 199
Spannweitenmitte 199
Spanwinkel 208
SPC 195, 197
Speicherfunktion 182
Sperrventil 138
Spiralbohrer 225
Sprödigkeit 39
SPS 177 f.
Stahl 31
—, hoch legierter 37
—, korrosionsbeständiger 37
—, niedrig legierter 37
—, unlegierter 37
Stahlguss 40
Stahlkennzeichnung 41
Stahlmaßstab 312
Stahlrohr, nahtloses 127
Standardabweichung 200
Standfläche 109
Standzeit 267
Starttaster 186
Statistical Process Control 197
Steueranweisung 178
Steuerkontakt 192
Steuerspannung 189
Steuerung
—, freiprogrammierbare 177
—, modulare 177
—, pneumatische 127
—, speicherprogrammierbare 177
—, verbindungsprogrammierte 177
Steuerungsprogramm 178

Stichprobe 202
Stick-Slip-Effekt 140
Stiftschraube 73
Stiftverbindung 80
Strichstärke 298
Strom, elektrischer 87 f., 90
Stromkreis, elektrischer 87
Strommessung 91
Stromrichtung, technische 90
Stromschlag 106
Stromstärke 90
Strömungsverdichter 120
Stromventil 138
Stromverzweigungspunkt 96
Strom-Zeit-Kennlinie 113

T
Teillos 198
Teilschnitt 301
Temperaturdifferenz 94
Temperaturkoeffizient 94
Temperguss 45
Thermistor 194
Thermoplast 53
Tiefenmessschraube 316
Toleranzangabe 304
Total Quality Management 196
TQM 196
TQM-Methode 206
Trägheitsgrad T1 193
Trägheitsgrad T2 193
Trapezgewinde 73
Trend 203
Trocknungsmittel 123
Trocknungsverfahren 123
Turboverdichter 120

U
Überlastschutz 112
Überstromschutz 192
Überstromschutzorgan 112
UEG 197
Umhüllung 109
UND 174
UND-Verknüpfung 153
Unfallversicherung, gesetzliche 271
Universalwinkelmesser 318
Unterbaugruppe 326
Unterrichtung 273
Unterspannungsauslöser 193
Unterweisung 273
Ursachen-Wirkungs-Diagramm 204
UTG 203

V
Vakuumsauger 135
Valenzelektron 88, 93
Vanadium 37
Ventil 136
Ventilinsel 141
Venturiprinzip 135
Verbesserung 287
Verbesserungsprozess 290
Verbindung
—, bewegliche 70
—, formschlüssige 70
—, kraftschlüssige 70
—, lösbare 69
—, stoffschlüssige 70
—, unlösbare 69
Verbraucher 90
Verbundwerkstoff 52
Verdichter 119
Vergüten 40
Verknüpfung, logische 174
Verknüpfungsergebnis 180
Verlauf, natürlicher 203
Verschleiß 267
Verschleißform 269
Verschleißursache 268
Verwendung, bestimmungs-
 gemäße 273, 294
Vickershärte 66
Vierkantmutter 75
VKE 180
Vollisolierung 110
Vollschnitt 300
Vorlos 201
Vorschlagswesen 290
Vorschub 250
Vorschubgeschwindigkeit 251
Vorschub pro Zahn 250
Vorspannkraft 77
VPS 177

W
Wahrheitstabelle 174
Wärme 101
Wärmebehandlung 38
Wärmekapazität, spezifische 101
Wärmeleitfähigkeit 57
Wärmemenge 101
Wärmeschwingung 94
Wärmewirkung 105
Warmform 31
Warmwiderstand 94

352

Sachwortverzeichnis

- Warngrenze
 - , obere 200
 - , untere 200
- Wartung 287
- Watt (W) 102
- Wegeventil, bistabiles 141
- Werkstoff, keramischer 52
- Werkstoffnummer 41
- Werkstoffprüfung 63
- Werkstückfehler 322
- Werkzeuganwendungsgruppe 249
- Werkzeugstahl 42
- Widerstand, elektrischer 87, 89f.
- Widerstandsänderung bei
 - Erwärmung 93
- Widerstandsmessung 89
 - , direkte 93
- Widerstandszunahme 94
- WIG-Verfahren 84
- Windeisen 234
- Winkellehre 320
- Winkelmesser 318
- Winkelmessung 318
- Wirkung
 - , chemische 105
 - des elektrischen Stroms 105
 - , physiologische 105
- Wirkungsgrad 103, 120, 130
- Withworthgewinde 73
- Z**
- Zahn 215
- Zahnform 219
- Zahnscheibe 76
- Zahnteilung 216
- Zeitdauer 184
- Zeitfunktion 184
- Zerspanbarkeit 58
- Zerspanungsverfahren 207
- Zink 50
- Zinn 50
- Zugfestigkeit 65
- Zugversuch 63
- Zuordnungsliste 178
- Zusammensetzung, chemische 41
- Zwangsführung 191
- zwangsgeführt 191
- Zwangsöffnung 191
- Zwischenisolierung 110
- Zyklus 180
- Zykluszeit 180
- Zylinder 128
 - , kolbenstangenloser 132
- Zylinderschraube mit
 - Innensechskant 73
- Zylinderstift 80