

Inhaltsverzeichnis

Industrielle Entwicklungen und ihre Auswirkungen auf die
Tätigkeiten des Mechanikers und der Mechanikerin 11

Prüftechnik, Qualitätsmanagement

HANDLUNGSFELD: Bauteile prüfen 14

1 Grundbegriffe der Prüftechnik 15

1.1 Bedeutung des Prüfens in der Fertigung 15

1.2 Subjektives und objektives Prüfen 15

1.3 Grundgrößen (Basisgrößen) und ihre Einheiten (Basisseinheiten) M 16

1.4 Formelzeichen 16

1.5 Prüfverfahren: Messen und Lehren 17

2 Prüfen von Längen 17

2.1 Maßsysteme und Einheiten 17

2.2 Höchstmaß – Mindestmaß – Toleranz M 18

2.3 Begriffe der Längenmesstechnik 19

2.4 Direkte Längenmessung 20

2.4.1 Messen mit Messschiebern 20

2.4.2 Messen mit Messschrauben 22

2.4.3 Messen mit Messuhren und Feinzeigern 24

2.5 Indirekte Längenmessung 25

2.5.1 Pneumatische Längenmessung 25

2.5.2 Elektrische Längenmessung 26

2.6 Endmaße und Lehren 27

2.6.1 Endmaße 27

2.6.2 Maßlehren 28

2.6.3 Grenzlehren 28

2.6.4 Formlehren 28

3 Prüfen von Winkeln 29

3.1 Messen von Winkeln 29

3.2 Lehren von Winkeln 30

4 Prüfen von Gewinden 31

4.1 Lehren von Gewinden 31

4.2 Messen von Gewinden 32

5 Prüfen der Rauheit von Oberflächen 33

5.1 Oberflächenkenngrößen 33

5.1.1 Rauheitskenngröße Rz 33

5.1.2 Rauheitskenngröße Ra 34

5.2 Verfahren zur Prüfung der Rauheit 34

5.2.1 Prüfen mit Tastschnittgeräten 34

5.2.2 Optische Rauheitsprüfung 34

5.3 Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in Zeichnungen 35

5.4 Fertigungsverfahren und Oberflächenbeschaffenheit 35

6 Messabweichungen 36

6.1 Größe der Messabweichung 36

6.2 Arten von Messabweichungen M 36

6.3 Ursachen von Messabweichungen 36

7 Auswahl von Prüfverfahren und Prüfgeräten 38

8 Passungen und Prüfen von Passmaßen 39

8.1 Bedeutung der Passungen 39

8.2 Begriffe und Maße bei Passungen 39

8.3 ISO-Normen für Maß- und Passungsangaben 40

8.4 Einteilung der Passungen 42

8.5 Passungssysteme 43

8.6 Passungsnormen 43

8.7 Auswahl von Passungen 44

8.8 Lehren von Passmaßen 45

9 Form- und Lagetoleranzen und ihre Prüfung 46

9.1 Toleranzzone 46

9.2 Formtoleranzen 47

9.3 Lagetoleranzen 47

9.4 Messen von Form- und Lageabweichungen 49

9.4.1 Symbolische Darstellung von Prüfeinrichtungen 49

9.4.2 Messverfahren zum Messen von Form- und Lageabweichungen 49

10 Messmaschinen 52

10.1 Digitale Höhenmessung 52

10.2 Numerisch gesteuerte Messmaschinen 53

10.2.1 Aufbau und Funktion von CNC-Messmaschinen 53

10.2.2 Messtaster und ihre Kalibrierung 55

10.2.3 Steuerung von Messabläufen 55

11 Qualitätsmanagement 56

11.1 Einleitung 56

11.2 Einflussgrößen auf Qualität 57

11.3 Qualitätssicherungsnormen 58

11.4 Qualitätssicherung in der Fertigung 59

11.5 Maschinen- und Prozessfähigkeit 60

11.5.1 Maschinenfähigkeit 60

11.5.2 Prozessfähigkeit 60

11.5.3 Prozessüberwachung 60

11.6 Statistische Auswertung von Messungen zur Untersuchung der Maschinen- und Prozessfähigkeit 62

11.6.1 Feststellen der Normalverteilung und der Prozessfähigkeit 62

11.6.2 Berechnung kritischer Fähigkeitsindices 65

Fertigungstechnik

HANDLUNGSFELD: Werkstücke fertigen 66

1 Einteilung der Fertigungsverfahren 67

2 Vorbereitende Arbeiten zur Fertigung von Werkstücken 69

2.1 Anreißen 69

2.2 Körnen 70

3 Verfahren des Trennens 71

3.1 Grundbegriffe zum Zerteilen und Spanen 71

3.2 Keil als Werkzeugschneide 72

3.3 Kraft 72

3.3.1 Kräftezerlegung am Keil M 73

3.3.2 Keilwinkel zur Bearbeitung unterschiedlicher Werkstoffe 73

3.4 Zerteilen durch Scherschneiden 74

3.4.1 Scherschneiden 74

3.4.2 Ablauf des Scherschneidens 74

3.4.3 Scherenarten 75

4 Spanen von Hand und mit einfachen Maschinen 77

4.1 Sägen 78

4.2 Feilen 80

4.2.1 Bestandteile der Feile und Feilenformen 80

4.2.2 Gehauene Feilen 80

4.2.3 Gefräste Feilen 81

4.3 Bohren 82

4.3.1 Spiralbohrer 82

4.3.2 Bohrmaschinen 83

4.3.3 Spannen der Werkstücke beim Bohren 84

4.3.4 Sicherheitshinweise zum Bohren 84

4.3.5 Berechnung von Schnittdaten zum Bohren M 85

4.4 Entgraten und Senken 86

4.5 Gewindegewinde 87

4.5.1 Aufbau und Maße von Gewinden 87

4.5.2 Herstellen von Innengewinden mit Handgewindebohrern 88

4.5.3 Herstellen von Außengewinden mit Schneideisen 89

4.6 Reiben 90

5 Grundlagen zur Fertigung mit Dreh-, Fräs- und Schleifmaschinen 92

5.1 Technologische Grundbegriffe 92

5.1.1 Eingangsgrößen des Fertigungsprozess 92

5.1.2 Bestimmungsgrößen des Fertigungsprozesses 94

5.2 Schneidstoffe für maschinelles Spanen 95

5.2.1 Schnellarbeitsstähle 95

5.2.2 Hartmetalle 95

5.2.3 Keramische Schneidstoffe 97

5.3 Normung von Wendeschneidplatten 97

6 Fertigen durch Drehen mit mechanisch gesteuerten Werkzeugmaschinen 98

6.1 Leit- und Zugspindel-Drehmaschine 98

6.1.1 Energiefluss an einer Leit- und Zugspindel-Drehmaschine 99

6.1.2 Baugruppen des Werkzeugschlittens 99

6.1.3 Antriebe des Werkzeugschlittens 100

6.2 Einteilung und Benennung der Drehverfahren 101

6.3 Drehwerkzeuge 102

6.3.1 Drehmeißelgeometrie 102

6.3.2	Einfluss der Winkel am Drehmeißel	103	12.1.1	Brennschneidvorgang.....	143
6.3.3	Bauarten von Drehmeißeln	104	12.1.2	Brennschneidverfahren	144
6.4	Spannen und Stützen der Werkstücke.....	105	12.1.3	Einstellung der Brennschneidgeräte.....	145
6.4.1	Spannen im Spannfutter	105	12.1.4	Brennschnitt.....	146
6.4.2	Spannen auf Planscheiben	106	12.2	Plasmaschneiden.....	147
6.4.3	Spannen in Spannzangen.....	107	12.2.1	Grundlagen.....	147
6.4.4	Spannen zwischen Zentrierspitzen	107	12.2.2	Schneidvorgang und Einstellwerte	148
6.5	Spezielle Drehverfahren	107	12.3	Funkenerosives Abtragen	149
6.5.1	Kegeldrehen	107	12.4	Trennen mit Laserstrahlen	150
6.5.2	Gewindedrehen	108	12.4.1	Grundlagen.....	150
6.6	Einflussgrößen auf die Oberflächenbeschaffenheit beim Drehen.....	109	12.4.2	Einrichtungen und Verfahren zum Laserstrahl- trennen	151
	Bestimmen von Arbeitsgrößen zum Drehen..... M	110	13	Fertigungsverfahren des Urformens	152
6.7	Wahl der Schnittgeschwindigkeit und Berechnung der Umdrehungsfrequenz	M 110	13.1	Urformen von Metallen durch Gießen.....	152
6.7.2	Berechnung der Hauptnutzungszeit	M 110	13.1.1	Arten von Formen.....	152
7	Fertigen durch Fräsen mit mechanisch gesteuerten Werkzeugmaschinen.....	111	13.1.2	Herstellen von Sandformen mithilfe von Modellen .	153
7.1	Fräsmaschinen	111	13.1.3	Spezielle Formverfahren.....	155
7.2	Fräsverfahren	112	13.2	Urformverfahren für Kunststoffe	156
7.2.1	Einteilung der Fräsverfahren	112	13.3	Urformen durch Sintern.....	157
7.2.2	Vergleich von Gegenlaufräsen und Gleichlauf- fräsen	113	13.4	Additives Fertigen	157
7.3	Fräswerkzeuge und ihr Einsatz.....	113	13.4.1	Verfahrensprinzip.....	157
7.3.1	Walzenstirnfräser	114	13.4.2	Datenaufbereitung zur additiven Fertigung	158
7.3.2	Plan- und Eckfräsköpfe.....	115	13.4.2.1	CAD-Modell.....	158
7.3.3	Schaftfräser	116	13.4.2.2	CAD-Modell im STL-Format.....	158
7.3.4	Profilfräser.....	117	13.4.2.3	Slicen und Datenerzeugung im G-Code (DIN 66025)	159
7.4	Spannzeuge für Werkzeuge auf Fräsmaschinen.....	118	13.4.3	Additive Fertigungsverfahren.....	160
7.4.1	Gestaltung der Schnittstelle zwischen Spannzeug und Arbeitsspindel.....	118	13.4.3.1	Maschinenaufbau.....	160
7.4.2	Gestaltung der Trennstelle zwischen Spannzeug und Werkzeug.....	119	13.4.3.2	Stereolithografie SL	160
7.4.3	Systeme zur Werkzeugeinstellung	120	13.4.3.3	Selektives Laserschmelzen.....	161
7.5	Positionieren und Spannen beim Fräsen	121	13.4.3.4	Schmelzschichtung FDM.....	162
7.5.1	Positionieren von Werkstückträgern und Werk- stücken	121	13.4.3.5	Übersicht über das Spektrum der additiven Fertigungsverfahren.....	162
7.5.2	Spannen von Werkstücken	122	13.4.4	Merkmale und Anwendungsfelder additiver Fertigungsverfahren	163
7.5.3	Stützen von Werkstücken	123	14	Fertigungsverfahren des Umformens	165
7.6	Teilen mit Teilapparaten.....	M 124	14.1	Einteilung der Umformverfahren	165
7.7	Bestimmen von Arbeitsgrößen beim Fräsen	M 126	14.2	Verhalten des Werkstoffs beim Umformen.....	166
7.7.1	Bewegungen bei der Spanabnahme.....	126	14.3	Biegen von Blechen und Rohren	168
7.7.2	Schnitttiefe und Eingriffsgrößen	127	14.3.1	Vorgänge beim Biegen	168
7.7.3	Berechnung der Hauptnutzungszeit beim Fräsen	M 128	14.3.2	Mindestbiegeradien	168
8	Fertigen durch Räumen	130	14.3.3	Biegen von Blechen	169
8.1	Innenräumen.....	130	14.3.4	Blechbedarf und Verschnitt..... M	170
8.1.1	Innenräumen von symmetrischen Profilen.....	130	14.3.5	Biegen von Rohren	171
8.1.2	Innenräumen von nicht symmetrischen Profilen.....	131	14.3.6	Berechnung von gestreckten Längen..... M	172
8.2	Außenräumen.....	131	14.4	Sicken, Bördeln, Falzen	173
9	Fertigen durch Schleifen	132	14.5	Tiefziehen	M 174
9.1	Schleifwerkzeuge	132	14.6	Schmieden.....	177
9.1.1	Aufbau und Eigenschaften der Schleifwerkzeuge	132	14.6.1	Vorgänge beim Schmieden.....	177
9.1.2	Form und Verwendungszweck von Schleifwerk- zeugen	134	14.6.2	Schmiedeverfahren.....	178
9.1.3	Zulässige Umfangsgeschwindigkeiten von Schleifscheiben.....	135	14.6.3	Berechnung von Schmiederohlängen	M 179
9.1.4	Bezeichnung genormter Schleifscheiben	135	14.7	Fließpressen	180
9.1.5	Aufspannen und Auswuchten von Schleifscheiben .	136	14.8	Richten.....	181
9.1.6	Abrichten von Schleifkörpern.....	136	15	Fertigungsverfahren des Fügens	182
9.2	Arbeitsverfahren auf Schleifmaschinen.....	137	15.1	Grundbegriffe	182
9.3	Schnittbedingungen und Oberflächenbeschaffen- heit beim Schleifen	138	15.1.1	Einteilung der Fügeverfahren	182
9.4	Schleifmaschinen.....	138	15.1.2	Reibung.....	184
10	Fertigen durch Honen und Läppen.....	139	15.2	Fügen mit Gewinden.....	185
10.1	Honen	139	15.2.1	Gewinde.....	185
10.2	Läppen	140	15.2.2	Schrauben, Muttern und Sicherungen..... M	189
11	Kühlschmierstoffe für spanabhebende Verfahren	141	15.2.3	Berechnung des Drehmoments zum Anziehen von Schrauben	M 191
11.1	Arten von Kühlschmierstoffen.....	141	15.3	Fügen mit Stiften und Bolzen	192
11.1.1	Nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe	141	15.3.1	Stifte.....	192
11.1.2	Wassermischbare Kühlschmierstoffe.....	141	15.3.2	Bolzen	194
11.2	Gefahren beim Umgang mit Kühlschmierstoffen.....	142	15.4	Fügen mit Passfedern, Keilen und Profilformen.....	194
12	Fertigen durch Abtragen.....	143	15.4.1	Vergleich zwischen Passfeder- und Keilver- bindung	194
12.1	Autogenes Brennschneiden.....	143	15.4.2	Formen von Passfedern	195
			15.4.3	Formen von Keilen	195
			15.4.4	Fügen mit Profilformen.....	196
			15.5	Fügen mit Nieten	197
			15.5.1	Nietverbindungen	197
			15.5.2	Nietformen und Nietwerkstoffe.....	198
			15.6	Fügen durch Schweißen	199
			15.6.1	Gasschmelzschweißen, Kennziffer 311	201

Inhaltsverzeichnis

15.6.2	Lichtbogenschmelzschweißen.....	204
15.6.2.1	Lichtbogenhandschweißen, Kennziffer 111	207
15.6.2.2	Schutzgasschweißen	210
15.6.2.3	Metallschutzgasschweißen (MSG), Kennziffer 13.....	211
15.6.2.4	Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG), Kennziffer 141	214
15.6.3	Gefügeänderungen beim Metallschweißen	216
15.6.4	Fehler beim Metallschweißen.....	216
15.6.5	Überblick über die Schweißverfahren zum Metallschweißen	218
15.6.6	Digitalisierung in der Schweißtechnik	219
15.6.7	Arbeitsschutzvorschriften beim Schweißen	221
15.6.8	Kunststoffschweißen	222
15.6.8.1	Warmgasschweißen.....	222
15.6.8.2	Heizelementschweißen	224
15.7	Fügen durch Löten	225
15.7.1	Anwendung des Lötens.....	225
15.7.2	Vorgänge beim Löten	225
15.7.3	Lötverfahren	227
15.7.4	Gestaltung von Lötverbindungen.....	228
15.7.5	Lote und Flussmittel	228
15.8	Fügen durch Kleben	230
15.8.1	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen.....	230
15.8.2	Vorgänge beim Kleben.....	231
15.8.3	Gestaltung von Klebeverbindungen	232
15.8.4	Übersicht über Klebstoffe.....	233
15.8.5	Schutzmaßnahmen beim Kleben.....	233
16	Arbeitssicherheit und Unfallschutz	234
16.1	Sicherheitskennzeichnung	234
16.2	Allgemeine Anforderungen zum sicherheitsgerechten Verhalten.....	235
16.3	Arbeitssicherheit beim Umgang mit Werkzeugen und Maschinen	235
16.4	Arbeitssicherheit beim Schweißen	237
16.5	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kühlschmierstoffen	238
16.6	Maßnahmen bei Unfällen	238
17	Umweltschutz	239

Werkstofftechnik

HANDLUNGSFELD: Werkstoffe auswählen.....		240
1	Eigenschaften der Werkstoffe	241
1.1	Physikalische Eigenschaften	241
1.1.1	Mechanische Eigenschaften	241
1.1.2	Thermische Eigenschaften	244
1.2	Chemische Eigenschaften.....	245
1.3	Technologische Eigenschaften.....	245
2	Aufbau metallischer Werkstoffe	246
2.1	Chemische Elemente	246
2.2	Aufbau von reinen Metallen.....	248
2.2.1	Metallbindung	248
2.2.2	Schmelzverhalten von reinem Metall.....	248
2.2.3	Metallgefüge	250
2.2.4	Gittertypen	251
2.3	Legierungen.....	252
2.3.1	Legierungen mit Mischkristallen	253
2.3.2	Legierungen mit Kristallgemengen	255
3	Eisen und Stahl	258
3.1	Roheisen- und Stahlerzeugung	258
3.1.1	Roheisenerzeugung	258
3.1.2	Stahlerzeugung	258
3.1.3	Übersicht über die Wirkungen von Begleit- und Legierungselementen	260
3.2	Gefüge und Eigenschaften von Stahl	261
3.2.1	Kohlenstoffgehalt von Stahl	261
3.2.2	Gefügebestandteile.....	261
3.2.3	Eigenschaften der Stähle in Abhängigkeit vom Gefüge.....	263
3.3	Stoffeigenschaftändern von Stählen	264
3.3.1	Glühverfahren für unlegierte Stähle.....	264
3.3.2	Härten	265
3.3.3	Vergüten	268
3.3.4	Härten der Randschicht.....	269
3.3.4.1	Flamm- und Induktionshärtens	269
3.3.4.2	Einsatzhärtens	270

3.3.4.3	Nitrieren.....	271
3.4	Einteilung, Normung und Verwendung von Stählen	271
3.4.1	Einteilung von Stählen.....	271
3.4.2	Normung von Stählen	272
3.4.2.1	Kurznamen von Stählen	272
3.4.2.2	Werkstoffnummern von Stählen	275
3.4.3	Stahlsorten.....	276
3.5	Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoffe	277
3.5.1	Stahlguss	278
3.5.2	Gusseisen.....	279
3.5.2.1	Gefüge und Eigenschaften von Gusseisen	279
3.5.2.2	Gusseisen mit Lamellengraphit (GJL)	279
3.5.2.3	Gusseisen mit Kugelgraphit (GJS).....	280
3.5.3	Normbezeichnung von Fe-C-Gusswerkstoffen	281
4	Nichteisenmetalle	282
4.1	Aluminium und Aluminiumlegierungen.....	282
4.1.1	Eigenschaften und Verwendung	282
4.1.2	Normbezeichnungen	283
4.2	Kupfer und Kupferlegierungen	284
4.2.1	Eigenschaften und Verwendung von Kupfer	284
4.2.2	Kupferlegierungen	284
5	Sinterwerkstoffe	286
5.1	Sintermetalle.....	286
5.1.1	Arten, Eigenschaften und Verwendung.....	286
5.1.2	Normung.....	287
5.2	Hartmetalle	287
5.2.1	Aufbau von Hartmetallen	287
5.2.2	Verwendung und Eigenschaften von Hartmetallen HW.....	288
5.3	Keramische Werkstoffe	289
5.3.1	Erzeugung keramischer Werkstücke	289
5.3.2	Eigenschaften und Verwendung keramischer Werkstoffe	290
6	Verbundwerkstoffe	291
6.1	Einteilung	291
6.2	Aufbau.....	291
7	Kunststoffe	293
7.1	Einteilung der Kunststoffe	294
7.1.1	Einteilung nach dem Molekülaufbau	294
7.1.2	Einteilung nach der Struktur und dem thermischen Verhalten	294
7.2	Erzeugung von Kunststoffen.....	296
7.3	Übersicht über wichtige Kunststoffe.....	297
8	Werkstoffprüfung	299
8.1	Mechanische Prüfverfahren.....	299
8.1.1	Zugversuch	M 299
8.1.2	Härteprüfung.....	M 301
8.1.3	Kerbschlag-Biegeversuch	M 303
8.2	Technologische Prüfverfahren	304
8.2.1	Ausbreitprobe.....	304
8.2.2	Biegeversuch	304
8.2.3	Tiefungsversuch nach Erichsen	304
8.3	Metallografische Prüfverfahren.....	304
8.3.1	Mikroskopische Untersuchungsverfahren	304
8.3.2	Makroskopische Untersuchungsverfahren	305
8.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren.....	305
8.4.1	Prüfung mit Röntgenstrahlen.....	305
8.4.2	Prüfung mit Kapillarverfahren	306
8.4.3	Prüfung mit Magnetpulver.....	306
8.4.4	Prüfung mit Ultraschall.....	307
8.5	Dauerfestigkeitsprüfung.....	307
8.5.1	Dauerschwingfestigkeit	307
8.5.2	Wöhlerversuch	308

Maschinen- und Gerätetechnik

HANDLUNGSFELD: Technische Systeme gestalten		309
1	Technische Systeme	310
1.1	Systemtechnische Grundlagen	310
1.2	Unterteilung innerhalb eines technischen Systems	311
1.3	Funktionen von Einrichtungen	312
1.4	Funktionen von Gruppen.....	312
2	Systeme zur Umsetzung von Energie, Stoff, Information	315
2.1	Systeme zum Energieumsatz	315

2.1.1	Energie und Energieumsetzung	315	4.2.3	Berechnung von Passfedern	M	384	
2.1.1.1	Arbeit	M	315	4.2.4	Berechnung von Klebeverbindungen	M	385
2.1.1.2	Leistung	M	316	4.2.5	Berechnung von Lötverbindungen	M	385
2.1.1.3	Energie	M	317	5	Baugruppen und ihre Montage		386
2.1.1.4	Wirkungsgrad	M	318	5.1	Grundlagen		386
2.1.2	Technische Systeme zum Energieumsatz	319	5.1.1	Baugruppen und ihre Funktionen		386	
2.1.2.1	Kraftwerke	319	5.1.2	Gliederung des Montageprozesses		387	
2.1.2.2	Kraftmaschinen	319	5.1.3	Montagetätigkeiten		388	
2.2	Systeme zum Stoffumsatz	322	5.1.4	Fügen im Montageprozess		389	
2.2.1	Stoff und Stoffumsetzung	322	5.2	Fügen durch Schrauben		389	
2.2.1.1	Stoff	322	5.2.1	Schraubenverbindungen		389	
2.2.1.2	Stoffumsetzung	M	322	5.2.2	Kraftwirkungen in Schraubenverbindungen	390	
2.2.2	Technische Systeme zur Stoffumsetzung	325	5.2.3	Berechnung der Vorspannkraft und des Anzugs- moments bei Schraubenverbindungen		391	
2.2.2.1	Werkzeugmaschinen	325	5.2.4	Schraubwerkzeuge		393	
2.2.2.2	Pumpen und Verdichter	326	5.2.5	Herstellung von Schraubenverbindungen		394	
2.3	Systeme zum Informationsumsatz	327	5.2.6	Schraubenverbindungen mit Passschrauben		396	
2.3.1	Information und Informationsumsetzung	327	5.3	Fügen durch An- und Einpressen		396	
2.3.1.1	Kommunikationssystem Mensch- Maschine	327	5.3.1	Fügen von Welle und Nabe		396	
2.3.1.2	Kommunikationssystem Maschine – Mensch	328	5.3.1.1	Klemmverbindungen		396	
2.3.1.3	Kommunikationssystem Maschine – Maschine	329	5.3.1.2	Kegelverbindungen		397	
2.3.2	Technische Systeme zum Informationsumsatz	330	5.3.1.3	Ringfeder-Spannverbindungen		397	
2.3.2.1	Informationsumsatz bei der industriellen Fertigung	330	5.3.1.4	Pressverbindungen		398	
2.3.2.2	Messsysteme	331	5.3.2	Wälzlagermontage		401	
2.3.2.3	Steuerungs- und Regelungssysteme	332	5.3.2.1	Bezeichnung von Wälzlagern		401	
2.3.2.4	Identifikationssysteme	333	5.3.2.2	Einbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung		402	
2.3.2.5	IT-Sicherheit	335	5.3.2.3	Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung		403	
2.3.3	3D-CAD-Systeme	337	5.4	Fügen durch Schweißen		405	
2.3.3.1	3D-CAD-Technik	337	5.4.1	Verzug durch Schweißspannungen		405	
2.3.3.2	Konstruieren mit 3D-CAD-Programmen	338	5.4.2	Nachbehandlung geschweißter Bauteile		406	
2.3.3.3	Abspeichern und Weiterleiten von 3D-Konstruk- tionen	340	5.4.3	Schweißtechnische Fertigungsunterlagen		407	
3	Funktionseinheiten des Maschinenbaus	341	5.5	Prüfen in Montageprozessen		408	
3.1	Einteilung der Funktionseinheiten	341	5.5.1	Statische Prüfungen		408	
3.2	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	M	341	5.5.2	Dynamische Prüfungen	410	
3.2.1	Lager	343	5.5.3	Auswahl von Prüfsystemen		410	
3.2.1.1	Gleitlager	343	5.5.3.1	Abnahmeprüfungen von Maschinen		411	
3.2.1.2	Wälzlager	347	5.5.3.2	Prüfungen in der maschinellen Montage		412	
3.2.1.3	Gegenüberstellung von Gleit- und Wälzlagern	351	5.6	Handhaben in Montageprozessen		414	
3.2.2	Geradführungen	351	5.6.1	Funktionsbereiche des Handhabens		414	
3.2.2.1	Gleitführungen	351	5.6.1.2	Handhabungsfunktionen zum Bewegen		415	
3.2.2.2	Wälzführungen	352	5.6.1.3	Handhabungsfunktionen zum Verändern der Menge		416	
3.2.3	Achsen	M	353	5.6.1.4	Handhabungsfunktionen zum Speichern	417	
3.3	Elemente und Gruppen zur Energieübertragung	354	5.6.1.5	Handhabungsfunktionen zum Kontrollieren		417	
3.3.1	Wellen	354	5.6.2	Handhabungseinrichtungen		418	
3.3.2	Kupplungen	M	357	5.7	Sondertätigkeiten im Montageprozess	420	
3.3.2.1	Aufgaben und Einteilung von Kupplungen	357	5.7.1	Justieren		420	
3.3.2.2	Nicht schaltbare Kupplungen	357	5.7.1.1	Arten der Justage		420	
3.3.2.3	Schaltbare Kupplungen	359	5.7.1.2	Durchführung der Justage		422	
3.3.3	Getriebe und ihre Einteilung	362	5.7.2	Auswuchten		424	
3.3.4	Berechnungsgrundlagen für Getriebe	M	363	5.7.2.1	Arten der Unwucht	424	
3.3.5	Zugmittelgetriebe	366	5.7.2.2	Statisches Auswuchten		424	
3.3.5.1	Kraftschlüssige Riemengetriebe	366	5.7.2.3	Dynamisches Auswuchten		425	
3.3.5.2	Formschlüssige Riemengetriebe	367	5.7.2.4	Auswuchten auf Auswuchtmaschinen		425	
3.3.5.3	Kettengetriebe	367	5.8	Gestaltung von Montageplätzen und Montage- stationen		426	
3.3.5.4	Vergleich der Zugmittelgetriebe	368	5.8.1	Ergonomische Gestaltung von Montageplätzen		426	
3.3.6	Zahnradgetriebe	M	368	5.8.2	Betrieblicher Arbeitsschutz	428	
3.3.6.1	Zahnradmaße und ihre Berechnung	368	6	Fertigungssysteme		430	
3.3.6.2	Zahnflankenformen	369	6.1	Einteilung von Fertigungssystemen		430	
3.3.6.3	Formen von Zahnradgetrieben	371	6.1.1	Bearbeitungszentren		431	
3.3.6.4	Verstellbare Zahnradstufengetriebe	375	6.1.2	Flexible Fertigungszellen		431	
3.3.7	Stufenlos verstellbare mechanische Getriebe	375	6.1.3	Flexible Fertigungssysteme		432	
3.3.7.1	Reibradgetriebe	375	6.1.4	Transferstraßen		432	
3.3.7.2	Umschlingungsgetriebe	376	6.2	Flexible Fertigungssysteme		433	
3.3.7.3	Kugelscheibengetriebe	376	6.2.1	Aufbau flexibler Fertigungssysteme		433	
4	Festigkeitsberechnungen von Bauelementen	M	377	6.2.2	Handhabungssysteme	434	
4.1	Grundlagen zur Festigkeitsberechnung	377	6.2.2.1	Werkzeughandhabungssysteme		434	
4.1.1	Beanspruchungsarten	377	6.2.2.2	Werkstückhandhabungssysteme		434	
4.1.2	Belastungsarten – Belastungsfälle	377	6.2.2.3	Programmierung von Handhabungssystemen		435	
4.1.3	Zugbeanspruchung	M	378	6.2.3	Transportsysteme	436	
4.1.4	Druckbeanspruchung	M	379	6.2.4	Überwachungssysteme	437	
4.1.5	Scherbeanspruchung	M	380	6.2.4.1	Systeme zur Produktsteuerung	437	
4.2	Berechnungen von Verbindungselementen	M	381	6.2.4.2	Systeme zur Maschinenüberwachung	437	
4.2.1	Berechnung von Schrauben	M	381	6.2.4.3	Systeme zur Qualitätssicherung	437	
4.2.2	Berechnung von Stiften	M	383				

Instandhaltung – Wartungstechnik	
HANDLUNGSFELD: Wartungsmaßnahmen	
	durchführen 438
1	Grundlagen der Instandhaltung 439
1.1	Aufgaben der Instandhaltung..... 439
1.2	Abnutzung und Abnutzungsvorrat 439
1.3	Ursachen der begrenzten Nutzungsdauer 440
1.4	Grundmaßnahmen der Instandhaltung 441
1.5	Vorgehen bei Instandhaltungsmaßnahmen..... 441
1.5.1	Korrektive Instandhaltung..... 442
1.5.2	Präventive Instandhaltung 442
2	Systembeurteilung durch Inspektion 443
2.1	Inspektionsintervalle 443
2.2	Inspektion durch Sinneswahrnehmung 443
2.3	Inspektion auf der Grundlage von Messdaten 444
2.3.1	Diagnose auf Basis der Betriebsdaten 444
2.3.2	Spezielle Diagnoseverfahren..... 445
2.4	Condition Monitoring – kontinuierliche Zustandsüberwachung 446
3	Instandhaltung durch Wartung 449
3.1	Übersicht über Wartungsarbeiten..... 449
3.2	Säubern und Konservieren..... 450
3.3	Schmieren 451
3.4	Wartung durch Ergänzen und Nachstellen 453
3.5	Wartungs- und Inspektionspläne..... 454
4	Instandsetzen 455
4.1	Instandsetzen mechanischer Baugruppen nach einer Störung..... 455
4.1.1	Maßnahmen unmittelbar nach einer Störung..... 455
4.1.2	Störungsdiagnose 455
4.1.3	Störungsbehebung 456
4.1.4	Zusammenbau, Einbau und Einstellen 458
4.1.5	Prüfung, Probelauf, Abnahme und Freigabe..... 459
4.2	Vorausbestimmtes und zustandsorientiertes Instandsetzen 459
4.3	Fernüberwachung und Instandsetzung..... 460
5	Instandhaltung durch Verbesserung..... 461
5.1	Erhöhung der Zuverlässigkeit..... 461
5.2	Verbesserung von Dokumentation und Ersatzteilplanung 461
5.3	Verbesserung des Arbeitsplatzes und der Arbeitssicherheit..... 462
5.4	Verbesserung durch Verringerung der Umweltbelastung..... 462
6	Maschinenschaden durch mechanische Beanspruchung 463
6.1	Verschleiß 463
6.1.1	Einflussgrößen auf Verschleiß 463
6.1.2	Verschleißmechanismen 464
6.1.3	Verschleißarten 465
6.1.4	Verschleiß beim Gleiten, Rollen und Wälzen 466
6.1.5	Verschleiß durch strömende Medien 467
6.2	Maschinenbruch..... 468
6.2.1	Gewaltbruch..... 468
6.2.2	Dauerbruch..... 469
7	Maschinenschaden durch Korrosion..... 471
7.1	Korrosion 471
7.1.1	Chemische Korrosion..... 471
7.1.2	Elektrochemische Korrosion 471
7.2	Korrosionsschutz 473
7.2.1	Korrosionsschutz bei chemischer Korrosion..... 473
7.2.2	Korrosionsschutz bei elektrochemischer Korrosion 473
8	Hilfsstoffe für die Instandhaltung 474
8.1	Schmierstoffe 474
8.1.1	Schmieröle 474
8.1.1.1	Schmieröleigenschaften..... 474
8.1.1.2	Erzeugung und Aufbau von Schmierölen..... 476
8.1.1.3	Untersuchung des Ölzustands im Rahmen der Instandhaltung..... 477
8.1.2	Schmierfette..... 478
8.1.3	Festschmierstoffe..... 479
8.1.4	Kennzeichnung von Schmierstoffen 479
8.1.5	Entsorgung von Schmier- und Kühlschmierstoffen . 480

8.2	Reinigungsmittel..... 481
8.2.1	Arten von Reinigungsmitteln..... 481
8.2.2	Verstärken der Reinigungswirkung durch Ultraschall 483
8.2.3	Sicherheitshinweise zum Umgang mit Reinigungsmitteln..... 483
9	Instandhaltung von Anlagen in der Steuerungstechnik siehe Steuerungstechnik ab Seite 620

Grundlagen der CNC-Technik	
HANDLUNGSFELD: Werkstücke mit CNC-Maschinen fertigen	
 485
1	CNC-Werkzeugmaschinen 486
1.1	Datenfluss in CNC-Maschinen..... 486
1.2	Lageregelung an CNC-Maschinen..... 487
1.3	Bahnsteuerungen an CNC-Maschinen 488
2	Grundlagen zur manuellen Programmierung 489
2.1	Arbeitsablauf beim manuellen Programmieren..... 489
2.2	Koordinatensystem 490
2.3	Wahl des Werkstücknullpunkts..... 491
2.4	Bemaßungsarten für die Programmierung 491
2.4.1	Absolutbemaßung 491
2.4.2	Inkrementalbemaßung..... 492
2.4.3	Polarkoordinatenbemaßung..... 492
2.5	Programmierung von Bahnbewegungen..... 493
2.5.1	Bearbeitungsrichtung..... 493
2.5.2	Bewegungen im Eilgang 493
2.5.3	Geradlinige Arbeitsbewegungen 493
2.5.4	Kreisförmige Arbeitsbewegungen..... 494
2.6	Programmierung von Schaltinformationen 496
2.6.1	Programmierung von Technologiedaten..... 496
2.6.2	Programmierung von Werkzeugeinsatz und Zusatzfunktionen 496
2.7	Zusammenstellung von Programmdaten zu Sätzen 497
3	Programmieren zur Fertigung von Drehteilen 498
3.1	Programmieren von Weginformationen beim Drehen 498
3.1.1	Koordinatensysteme an CNC-Drehmaschinen 498
3.1.2	Nullpunkte und Bezugspunkte..... 498
3.1.3	Drehteile mit geradliniger Kontur 499
3.1.4	Drehteile mit kreisförmigen Konturanteilen..... 500
3.2	Programmierhilfen beim Drehen 501
3.2.1	Zyklen beim Drehen..... 501
3.2.1.1	Konturschruppsyklen 501
3.2.1.2	Freistichzyklen 503
3.2.1.3	Gewindezyklus 503
3.2.1.4	Programmabschnittwiederholungen 505
3.2.3	Unterprogramme beim Drehen..... 505
3.2.3.1	Unterprogramme mit festen Zahlenwerten 505
3.2.3.2	Unterprogramme mit Parametertechnik..... 506
3.2.3.3	Einsatz von Unterprogrammen 506
3.3	Werkzeuge und Werkzeugmaße beim Drehen..... 508
3.3.1	Aufbau von Drehwerkzeugen 508
3.3.2	Werkzeugmaße 508
3.3.3	Schneidenradiuskompensation 510
4	Programmieren zur Fertigung von Frästeilen 511
4.1	Programmieren von Weginformationen beim Fräsen 511
4.1.1	Achsrichtungen bei Fräsarbeiten 511
4.1.2	Maschinennullpunkt und Referenzpunkt 512
4.1.3	Werkstücknullpunktlagen 512
4.1.4	Werkzeugbahnkorrekturen..... 513
4.2	Programmierhilfen beim Fräsen 514
4.2.1	Zyklen beim Fräsen 514
4.2.2	Zyklenuufrufe auf verschiedenen Startpositionen... 517
4.2.3	Manipulation von Programmteilen..... 519
4.2.4	Unterprogramme beim Fräsen..... 520
4.2.5	Einbau von Unterprogrammen und Zyklen in Hauptprogramme 520
4.3	Programmierung von Werkzeugmaßen und Schnittdaten..... 521
4.3.1	Werkzeugmaße 521
4.3.2	Programmieren von Schnittdaten 521
5	Werkstatorientierte Programmierung (WOP) 522

6	Bedienfeld von CNC-Maschinen.....	524	3.2.6	Verknüpfungs- und Ablaufsteuerungen in der Elektropneumatik	578
7	Werkstückspannsysteme	526	3.3	Installieren und Inbetriebnehmen elektro- pneumatischer Steuerungen.....	580
7.1	Paletten als Spannsystemträger	527	3.3.1	Installieren einer elektropneumatischen Steuerung	580
7.2	Rasterspannsysteme nach dem Baukastenprinzip..	527	3.3.2	Inbetriebnehmen einer elektropneumatischen Steuerung mit Dokumentation	587
7.3	Planung der Aufspannung.....	528	3.4	Kennzeichnung von Bauelementen nach DIN ISO 1219 und DIN EN 81346-2.....	589
8	Werkzeugüberwachungssysteme.....	529	3.4.1	Grundlegende Vereinbarungen.....	589
			3.4.2	Darstellung der DIN EN 81346-2 an einem Beispiel..	590
	Steuerungstechnik		4	Hydraulik	592
	HANDLUNGSFELD: Entwickeln von Steuerungen.....	530	4.1	Leistungsumwandlung und Leistungsübertragung in der Hydraulik.....	592
1	Grundlagen für pneumatische und hydraulische Steuerungen	531	4.2	Physikalische Grundlagen	593
1.1	Physikalische Grundlagen	531	4.2.1	Druck.....	593
1.1.1	Druck.....	M 531	4.2.2	Volumenstrom.....	M 593
1.1.2	Kolbenkraft.....	M 533	4.2.3	Hydraulische Leistung	593
1.2	Grafische Symbole und Schaltpläne in der Fluidtechnik.....	534	4.2.4	Durchflussgesetz.....	M 594
1.2.1	Zeichnerische Darstellung von Wegeventilen	534	4.2.5	Strömung von Flüssigkeiten	M 595
1.2.2	Kennzeichnung der Anschlüsse von Ventilen	535	4.2.6	Kavitation	595
1.2.3	Schaltpläne in der Fluidtechnik (DIN ISO 1219-2)	535	4.2.7	Viskosität	596
1.2.4	Grafische Symbole in der Fluidtechnik (DIN ISO 1219-1)	537	4.2.8	Wirkungsgrad	596
2	Pneumatik	540	4.3	Messtechnische Grundlagen	597
2.1	Einheiten zur Bereitstellung der Druckluft	540	4.3.1	Genauigkeitsklassen von Messgeräten	597
2.1.1	Verdichter (Kompressoren).....	M 540	4.3.2	Messen des Drucks	598
2.1.2	Druckluft und Luftfeuchtigkeit	541	4.3.3	Messen des Volumenstroms	598
2.1.3	Druckluftverteilung.....	542	4.3.4	Anordnung von Messstellen	599
2.1.4	Aufbereitung der Druckluft.....	542	4.3.5	Volumenstrom-Druck-Diagramm (q_v - p -Diagramm) M	600
2.2	Arbeitseinheiten in der Pneumatik	543	4.4	Aufbau und Wirkungsweise einer Hydraulikanlage..	601
2.2.1	Aufbau von Pneumatikzylindern.....	543	4.4.1	Aufbau einer Hydraulikanlage.....	601
2.2.2	Dämpfung in Zylindern	544	4.4.2	Vergleich zwischen Pneumatik- und Hydraulik- anlagen	602
2.2.3	Befestigungsarten von Zylindern	544	4.4.3	Hydraulikanlage als technisches System.....	602
2.2.4	Kriterien für die Auswahl von Pneumatikzylindern..	545	4.5	Teilsystem zur Leistungswandlung und Leistungs- bereitstellung (Antriebsaggregat)	603
2.2.5	Sonderformen von Pneumatikzylindern	545	4.5.1	Hydropumpen	603
2.3	Einheiten zum Steuern der Druckluft.....	546	4.5.1.1	Zahnradpumpen	603
2.3.1	Bauformen pneumatischer Wegeventile	546	4.5.1.2	Flügelzellenpumpen	604
2.3.1.1	Vorsteuerung von Ventilen	547	4.5.1.3	Kolbenpumpen	604
2.3.1.2	Betätigungsarten an pneumatischen Wegeventilen	548	4.5.2	Druckbegrenzungsventil.....	605
2.3.1.3	Kriterien für die Auswahl pneumatischer Wegeventile	549	4.5.3	Druckflüssigkeitsbehälter.....	606
2.3.2	Bauformen pneumatischer Sperrventile, Stromventile und Druckventile	550	4.5.4	Druckflüssigkeiten	607
2.4	Pneumatische Steuerungen.....	551	4.5.5	Filter.....	608
2.4.1	Grundsaltungen	551	4.5.6	Hydrospeicher	609
2.4.2	Grundsteuerungen.....	552	4.6	Teilsystem zur Leistungsübertragung.....	609
2.4.3	Steuerungsplanung	554	4.6.1	Leitungen und Verbindungen	609
2.4.3.1	Aufgabenstellung und Technologieschema	554	4.6.2	Wegeventile	611
2.4.3.2	Funktionsdiagramme und Signallinien.....	554	4.6.3	Sperrventile	612
2.4.3.3	Signalverarbeitung in Steuerungen	558	4.6.4	Druckventile	612
2.4.4	Pneumatische Verknüpfungssteuerungen	559	4.6.5	Stromventile.....	613
2.4.4.1	UND-Verknüpfung	559	4.7	Teilsystem zur Leistungswandlung (Motorgruppe) ..	615
2.4.4.2	ODER-Verknüpfung; NICHT-Verknüpfung.....	559	4.7.1	Hydraulikzylinder (Linearmotor).....	615
2.4.4.3	Steuerung mit Zeitglied	560	4.7.2	Hydraulikmotoren.....	616
2.4.4.4	Steuerung mit Zweihand-Betätigung	562	4.8	Grundsteuerungen in der Hydraulik	617
2.4.5	Pneumatische Ablaufsteuerungen.....	563	4.8.1	Richtungssteuerung durch Wegeventile.....	617
2.4.5.1	Signalüberschneidung.....	563	4.8.2	Geschwindigkeitssteuerung	618
2.4.5.2	Signalabschaltung	564	4.8.3	Eilgang-Vorschub-Steuerung.....	619
2.5	Zeichnen und simulieren pneumatischer Steuerungen am PC	566	5	Inbetriebnahme, Wartung und Fehlersuche bei Steuerungen	620
3	Elektropneumatik	569	5.1	Inbetriebnahme von Steuerungen	620
3.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen	569	5.1.1	Elektropneumatische Anlagen in Betrieb nehmen ..	620
3.1.1	Magnetventile.....	569	5.1.2	Hydraulische Anlagen in Betrieb nehmen	621
3.1.2	Druckschalter	570	5.2	Wartung von Steuerungen.....	621
3.1.3	Schutzbeschaltung	571	5.2.1	Wartung im Bereich der pneumatischen Druck- versorgung.....	621
3.1.4	Schutzarten	571	5.2.2	Wartung pneumatischer Leitungssysteme.....	622
3.1.5	Auswahlkriterien für Magnetventile	572	5.2.3	Wartung hydraulischer Anlagen	622
3.1.6	Grenztaster	572	5.2.4	Wartung von Bauelementen in Steuerungen	623
3.1.7	Schütz und Relais.....	573	5.3	Fehlersuche in Steuerungen.....	624
3.1.8	Anschlusskennzeichen an Relais.....	573	5.3.1	Maßnahmen zur Vereinfachung der Fehlersuche.....	625
3.1.9	Schaltzeichen für elektrische Bauteile.....	573	5.3.2	Fehlersuche mithilfe von Fehlerursachen-Tabellen..	625
3.2	Elektropneumatische Steuerungen	574	5.3.3	Fehlersuche mithilfe von Ablaufplänen	626
3.2.1	Pneumatikschaltplan und Stromlaufplan.....	574	6	Regelungstechnik	627
3.2.2	Reihen- und Parallelschaltung	575	6.1	Unterscheidung: Steuern – Regeln.....	627
3.2.3	Ansteuerung von Wegeventilen.....	575			
3.2.4	Wegabhängige Steuerungen	576			
3.2.5	Weg- und zeitabhängige Steuerungen	577			

Inhaltsverzeichnis

6.2	Funktionseinheiten und Größen im Regelkreis	628
6.3	Arten von Reglern	629
6.3.1	Unstetige Regler	629
6.3.2	Stetige Regler	630

Elektrotechnik

HANDLUNGSFELD: Messungen in elektrisch gesteuerten Anlagen durchführen.....		
		631
1	Wirkungen und Einsätze elektrischer Energie.....	632
2	Physikalische Grundlagen	633
2.1	Elektrische Ladung.....	633
2.2	Strom	634
2.3	Spannung	634
2.4	Stromkreis	635
2.5	Messung von Stromstärke und Spannung.....	636
2.6	Leiter und Nichtleiter	636
2.7	Elektrischer Widerstand.....	M 637
2.8	Ohmsches Gesetz	M 638
3	Grundschaltungen	639
3.1	Reihenschaltung	M 639
3.2	Parallelschaltung	M 639
4	Schaltzeichen für elektrische Bauelemente und Schaltpläne	640
4.1	Bauteile in der Elektrotechnik.....	640
4.2	Elektrische Schaltpläne	640
4.3	Auswahl genormter Schaltzeichen.....	641
5	Maßnahmen zur Unfallverhütung	642
5.1	Leistungs- und Geräteschutzeinrichtungen	643
5.2	Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme	644
5.3	Kennzeichnung elektrischer Geräte	645
6	Elektrische Antriebstechnik	646
6.1	Prinzip des Elektromotors	646
6.2	Aufbau und Wirkungsweise von Gleichstrommotoren	647
6.3	Wechselstrom- und Drehstrommotoren	648
6.3.1	Drehstrommotoren	649
6.3.2	Wechselstrommotoren	653
6.3.3	Linearmotoren	654
6.4	Kenngößen von Elektromotoren	655

Digitale Automatisierung

HANDLUNGSFELD: Prozessautomatisierung planen		
		656
1	Entwicklung zur digitalen Automatisierung.....	657
1.1	Mechanisierung und Automatisierung.....	657
1.2	Digitalisierung und Automatisierung.....	658
2	Sensortechnik.....	661
2.1	Überblick über Sensoren und Messprinzipien.....	661
2.1.1	Aktive und passive Sensoren	662
2.1.2	Normiertes Strom- und Spannungssignal als Abbild der Messgröße	M 662
2.1.3	Smarte Sensoren.....	662
2.2	Sensoren.....	663
2.2.1	Sensoren für die Messung von Dehnung, Kraft und Druck	663
2.2.2	Induktiver Durchflusssensor.....	664
2.2.3	Kapazitive Sensoren	665
2.2.4	Induktiver Näherungsschalter.....	666
2.2.5	Kapazitive Näherungsschalter	667
2.2.6	Piezoelektrischer Sensor	667
2.2.7	Thermoelemente	M 668
2.2.8	Temperatursensor PT-100.....	M 669
2.2.9	Optoelektronische Sensoren	670
2.2.9.1	Physikalische Grundlagen	670
2.2.9.2	Dioden	671
2.2.9.3	Fotodioden	671
2.2.9.4	Leuchtdioden (LED – light-emitting diode)	672
2.2.9.5	Lichtschranken.....	672
2.2.9.6	Optokoppler	672
2.2.10	Sensorsysteme zur Bilderkennung und Bildverarbeitung	673
2.3	Digitalisierung und Signalverarbeitung.....	675
2.3.1	Signalformen und Umformen von Messsignalen	675

2.3.2	Analog-digitale Umsetzung	676
2.3.3	Signalübertragung	677
3	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS).....	678
3.1	Steuerungstechnische Grundlagen.....	678
3.1.1	Merkmale von VPS und SPS.....	678
3.1.2	Logikpläne von Steuerungen	679
3.2	GRAFCET (Funktionsplan).....	680
3.2.1	Aufbau eines GRAFCET-Plans	680
3.2.2	Struktur eines GRAFCET-Plans	681
3.2.3	Wirkungsteil eines GRAFCET-Plans	682
3.2.4	GRAFCET-Plan für eine Ablaufsteuerung	684
3.3	Gerätetechnischer Aufbau der SPS	686
3.3.1	Programmiergeräte.....	686
3.3.2	Programmspeicher	687
3.3.3	Automatisierungsgerät	687
3.4	Arbeitsweise der SPS	688
3.5	Programmieren von speicherprogrammierbaren Steuerungen	690
3.5.1	Anweisungsliste (AWL)	690
3.5.2	Kontaktplan (KOP) und Funktionsplan (FUP).....	692
3.5.3	Grundverknüpfungen in der SPS.....	693
3.5.4	Kombinierte Verknüpfungen in der SPS	694
3.5.5	Ablaufsteuerungen in der SPS	696
3.6	Beispiel für die Steuerung einer Bohrvorrichtung....	698
4	Industrieroboter.....	701
4.1	Einrichtungen von Industrierobotern	701
4.2	Bauarten von Industrierobotern	702
4.3	Effektoren	703
4.4	Kriterien für den Einsatz von Industrierobotern	703
4.5	Programmierung von Industrierobotern	704
4.5.1	Grundbestandteile von Roboterprogrammen.....	704
4.5.2	Programmierungsverfahren	705
4.5.3	Steuerung von Industrierobotern	706
4.5.4	Planung einer Programmerstellung	708

Kreativ- und Präsentationstechniken

HANDLUNGSFELD: Präsentation kreativ entwickelter Lösungen		
		711
1	Kreativtechniken	712
1.1	Brainstorming	713
1.2	Mind-Mapping	714
1.3	Ursache-Wirkungs-Diagramm (Ishikawa-Diagramm)	715
2	Präsentationstechniken	716
2.1	Ziele festlegen	716
2.2	Zielgruppe beschreiben.....	718
2.3	Inhalte bearbeiten	719
2.4	Darstellung (Visualisierung) anfertigen	719
2.5	Präsentation planen und durchführen	722
2.6	Urheberrecht.....	723

Lernsituationen

1	Fertigen eines Keils	725
2	Biegen einer Rohrschelle	726
3	Fertigen eines Ablaufblechs	727
4	Fertigen einer Kreuzscheibenkupplung.....	728
5	Montieren einer Vorrichtung	730
6	Warten einer Fräsmaschine	731
7	Planen der Fertigung einer Backenführung.....	732
8	Planen der Fertigung einer Klauenkupplung	733
9	Entwickeln einer Steuerung für eine Spannvorrichtung	734
10	Entwickeln einer Steuerung für eine Abfüllanlage ...	735
11	Montieren einer Antriebstrommel.....	736
12	Fertigen eines Kupplungsflanschs auf einer CNC-Drehmaschine.....	737
13	Umrüsten eines Roboters	738
14	Prüfen einer Zugstange.....	739
15	Umsetzen einer Tischbewegung durch eine programmierbare Steuerung.....	740
16	Planen einer Fräsvorrichtung	741

Quellenverzeichnis.....	742
Sachwortverzeichnis	744