

Inhalt



Lernfeld 5: Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen

1	Einflussgrößen beim maschinellen Zerspanen mit geometrisch bestimmter Schneide	2
1.1	Technologische Daten und deren Auswirkungen	2
1.1.1	Bewegungen und Geschwindigkeiten	2
1.1.2	Winkel an der Werkzeugschneide	3
1.1.3	Spanarten und Spanformen	3
1.1.4	Schrupp- und Schlichtbearbeitung	5
1.1.5	Schneidenradius	6
1.1.6	Verschleiß, Standzeit, Aufbauschneide	6
1.2	Schneidstoffe und Wendeschneidplatten	7
1.2.1	Schnellarbeitsstahl (HSS)	8
1.2.2	Hartmetalle	8
1.2.3	Beschichtete Schneidstoffe	9
1.2.4	Schneidkeramik	9
1.2.5	Wendeschneidplatten	10
1.3	Kühlschmierstoffe	11
1.3.1	Aufgaben der Kühlschmierstoffe	11
1.3.2	Kühlschmierstoffarten	12
1.3.3	Umgang mit Kühlschmierstoffen	12
1.3.4	Alternativen zur konventionellen Kühlschmierung	13
2	Drehen	14
2.1	Drehverfahren	14
2.2	Arbeitsauftrag	15
2.2.1	Analyse der Einzelteilzeichnung	16
2.2.2	Arbeitsplanung	22
2.3	Drehmaschinen	23
2.3.1	Stütz- und Trageinheit (Maschinenbett)	23
2.3.2	Spindelstock mit Hauptgetriebe und Arbeitsspindel	23
2.3.3	Vorschubgetriebe mit Leit- und Zugspindel	23
2.3.4	Werkzeugschlitten	25
2.3.5	Reitstock	25
2.4	Drehwerkzeuge und deren Auswahl	25
2.4.1	Ecken-, Einstell- und Neigungswinkel	25
2.4.2	Werkzeugauswahl und technologische Daten	27
2.5	Spannmittel	28
2.5.1	Kräfte an Werkzeug und Werkstück	28
2.5.2	Leistungsbedarf	29
2.5.3	Backenfutter	30

2.5.4	Spannen zwischen den Spitzen	32
2.5.5	Spanndorn und Spannzange	32
2.5.6	Setzstock (Lünette)	33
2.6	Spezielle Drehverfahren	33
2.6.1	Kegeldrehen	33
2.6.2	Gewindedrehen	34
3	Fräsen	40
3.1	Fräsverfahren	40
3.2	Arbeitsauftrag	41
3.2.1	Analyse der Einzelteilzeichnung	41
3.2.2	Arbeitsplanung	42
3.3	Fräsmaschinen	43
3.4	Fräsverfahren im Vergleich	43
3.4.1	Stirn-Planfräsen und Umfangs-Planfräsen	43
3.4.2	Gleichlauf- und Gegenlauffräsen	44
3.5	Werkzeugauswahl und Werkzeugeinsatz	46
3.5.1	Planfräsen	46
3.5.1.1	Fräserauswahl	46
3.5.1.2	Festlegen der Prozessparameter	48
3.5.2	Stirn-Umfangsfräsen	50
3.5.3	Nutenfräsen	51
3.5.4	Teilen	52
3.5.4.1	Direktes Teilen	52
3.5.4.2	Indirektes Teilen	52
3.5.5	Hochgeschwindigkeitsfräsen	54
3.6	Spannen von Werkzeug und Werkstück	54
3.6.1	Spannen der Werkzeuge	54
3.6.2	Spannen der Werkstücke	55
4	Räumen	58
5	Schleifen	60
5.1	Schleifkörper	60
5.2	Abrichten	63
5.3	Auswuchten	64
5.4	Sicherheit und Unfallverhütung	64
5.5	Schleifverfahren und Schleifmaschinen	65
6	Feinbearbeitung	68
7	Kosten im Betrieb	70
7.1	Kostenarten und Zeiten in der Fertigung	70
7.2	Betriebsmittelhauptnutzungszeit	70
7.3	Kostenberechnung	74
7.3.1	Lohnkosten	74

2.2	Wegeventile	152
2.2.1	Funktionsweise pneumatischer Magnetventile	152
2.2.2	Vorgesteuerte pneumatische Magnetventile	152
2.3	Relaissteuerungen	153
2.3.1	Speichern von Signalen – Selbsthaltung	153
2.4	Planung, Installation und Inbetriebnahme einer prozessabhängigen Ablaufsteuerung	154
2.4.1	Aufgabenbeschreibung mit Randbedingungen und Lageplan	154
2.4.2	Darstellung eines Funktionsablaufs mit GRAFCET	155
2.4.3	Geräteliste	156
2.4.4	Klemmenanschlussplan	158
3	Hydraulik	163
3.1	Einsatzgebiete der Hydraulik	163
3.2	Vergleich Pneumatik – Hydraulik	163
3.3	Aufbau einer Hydraulikanlage – Energie- und Informationsfluss	164
3.4	Energieversorgung	164
3.4.1	Druck- und Volumenstrommessung im Hydrauliksystem	166
3.4.2	Hydraulikpumpen	167
3.4.2.1	Zahnradpumpen	167
3.4.2.2	Flügelzellenpumpen	168
3.4.2.3	Kolbenpumpen	168
3.4.2.4	Auswahl von Hydraulikpumpen	169
3.4.2.5	Hydraulikmotoren	170
3.5	Antriebseinheit – Hydraulikzylinder	170
3.5.1	Einfach wirkende Zylinder	170
3.5.2	Doppelt wirkende Zylinder	171
3.5.3	Kolbengeschwindigkeit	171
3.5.4	Arbeit und Leistung	172
3.6	Ventile	173
3.6.1	Wegeventile	173
3.6.1.1	2/2- und 3/2-Wegeventile	175
3.6.1.2	4/2-Wegeventile	175
3.6.1.3	4/3-Wegeventile	176
3.6.2	Stromventile	177
3.6.2.1	Blenden und Drosseln	177
3.6.2.2	Drosselventile	177
3.6.2.3	Stromregelventile	179
3.6.2.4	Druckübersetzung	180
3.6.2.5	Kraft- und Wegeübersetzung – Die hydraulische Presse	180

3.6.3	Sperrventile	181
3.6.3.1	Rückschlagventil	181
3.6.3.2	Entsperrbare Rückschlagventile	182
3.6.4	Druckventile	182
3.6.4.1	Druckminderventile	182
3.6.4.2	Zuschaltventile	182
3.7	Planung einer hydraulischen Steuerung	184
3.8	Leitungen und Verbindungen	185
3.8.1	Rohrleitungen	186
3.8.2	Schlauchleitungen und Schläuche	189
4	Field-Assembly of Hoses with Fittings	197
	Work With Words	199

7	Lernfeld 7:	
	Montieren von technischen Teilsystemen	200
1	Allgemeine Beanspruchungen und Belastungen von Bauteilen	201
1.1	Beanspruchung von Bauteilen	201
1.2	Belastung von Bauteilen	201
1.2.1	Statische Belastung	201
1.2.2	Dynamische Belastung	201
1.3	Achsen, Bolzen, Wellen	202
1.3.1	Achsen	202
1.3.2	Bolzen	202
1.3.3	Wellen	202
1.4	Lagerkräfte	203
2	Gleitlager	205
2.1	Einteilung der Lager	205
2.2	Übersicht	205
2.3	Lagerreibung	206
2.3.1	Lager mit Trockenreibung (Trockenlager)	206
2.3.2	Lager mit Mischreibung (Sinterlager)	207
2.3.3	Lager mit Flüssigkeitsreibung	207
2.3.3.1	Hydrodynamische Lager	207
2.3.3.2	Hydrostatische Lager	207
2.4	Flächenpressung	208
2.5	Lagerspiel	209
2.6	Passungen und Passungssysteme	209
2.6.1	Passungen	209
2.6.1.1	Spießpassung	209
2.6.1.2	Übermaßpassung	209
2.6.1.3	Übergangspassung	209

2.6.2	Passungssysteme	209
2.6.2.1	Einheitsbohrung	209
2.6.2.2	Einheitswelle	210
2.6.3	Auswahlreihen	210
2.7	Montage von Gleitlagern	211
2.8	Warten von Gleitlagern	212
3	Wälzlager	213
3.1	Aufbau von Wälzlagern	213
3.2	Darstellung von Wälzlagern	214
3.3	Anordnung von Wälzlagern	215
3.3.1	Fest-/Loslagerung	215
3.3.2	Angestellte Lagerung	215
3.3.3	Schwimmende Lagerung	216
3.3.4	Umlaufverhältnisse	217
3.4	Beurteilung von Wälzlagern	217
3.5	Schmierung von Wälzlagern	217
3.5.1	Fettschmierung	217
3.5.2	Ölschmierung	218
3.6	Montage von Wälzlagern	218
3.6.1	Mechanische Montage von Wälzlagern	218
3.6.1.1	Wälzlager mit zylindrischer Bohrung	218
3.6.1.2	Wälzlager mit kegeliger Bohrung	219
3.6.2	Thermische Montage	219
3.6.2.1	Wärmedehnung	220
3.6.3	Hydraulische Montage	220
3.7	Demontage von Wälzlagern	221
3.8	Entsorgung von Wälzlagern	222
4	Führungen	223
4.1	Gleitführungen	223
4.2	Wälzführungen	224
5	Wellendichtungen	226
5.1	Dichtungsarten	226
5.2	Radial-Wellendichtringe	227
5.2.1	Montage von Radial-Wellendichtringen	227
5.2.2	Austausch von Radial-Wellendichtringen	228
5.3	Gleitringdichtungen	229
5.4	V-Ringdichtungen	229
5.5	O-Ringe	230
6	Welle-Nabe-Verbindungen	230
6.1	Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen	230
6.1.1	Passfederverbindungen	230
6.1.1.1	Berechnungen	231

6.1.2	Profilwellenverbindungen	232
6.1.2.1	Keilwellenverbindung	232
6.1.2.2	Zahnwellenverbindung	233
6.1.2.3	Polygonwellenverbindung	233
6.2	Kraftschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen	233
6.2.1	Keilverbindungen	233
6.2.2	Pressverbindungen	234
6.2.3	Verbindungen durch Spannelemente	235
6.2.4	Spannsätze	236
6.2.4.1	Montage von Spannsätzen	236
6.2.4.2	Demontage von Spannsätzen	236
6.2.5	Ausgewählte Spannelemente	237
7	Planen einer Montage (Bohrspindel)	237
7.1	Funktionsanalyse	239
7.2	Montageplan	240
7.3	Funktionskontrolle	244
7.4	Prüfprotokoll (Bewertung)	244
8	Fitting and Dismantling of Rolling Bearings	247
	Work With Words	250

8	Lernfeld 8: Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	251
1	Aufbau von CNC-Maschinen	252
1.1	Koordinatensysteme	252
1.1.1	Koordinatensysteme an Werkzeugmaschinen	253
1.1.2	Bewegungsdefinitionen	253
1.2	Bezugspunkte im Arbeitsraum der CNC-Maschine	254
1.2.1	Maschinennullpunkt	254
1.2.2	Referenzpunkt	254
1.2.3	Werkstücknullpunkt	254
1.2.4	Werkzeugeinstellpunkt	254
1.3	Konturpunkte an Werkstücken	255
1.3.1	Drehteile	255
1.3.2	Frästeile	255
1.4	Steuerungsarten	256
1.4.1	Punktsteuerungen	256
1.4.2	Streckensteuerungen	256
1.4.3	Bahnsteuerungen	256
1.5	Baueinheiten	257
1.5.1	Hauptantrieb	257

1.5.1.1	Elektromechanischer Antrieb	257	4.2.2	Automatischer Werkzeugwechsel	298
1.5.1.2	Direktantrieb	257	4.2.3	Fräsermittelpunkt-Programmierung	299
1.5.2	Vorschubantriebe	259	4.2.4	Fräszyklen	299
1.5.2.1	Elektromechanische Antriebe	259	4.2.5	Konturprogrammierung	302
1.5.2.2	Direktantrieb	260	4.2.6	An- und Abfahren beim Schlichten der Kontur	304
1.5.3	Lage- und Geschwindigkeitsregelkreis	260	4.2.7	Bohrzyklen und Bohrbilder	305
1.5.4	Wegmesssysteme	262	4.2.8	Unterprogrammtechnik und Wiederholfunktionen	307
1.5.5	Anpasssteuerung	264	4.3	CAD-CAM	309
1.5.6	Anzeige- und Wiederholgenauigkeit	264	4.4	Einrichten der Maschine	310
2	Aufbau von CNC-Programmen	266	4.4.1	Spannen des Werkstücks	310
2.1	Geometrische Informationen (Wegbedingungen)	267	4.4.2	Festlegen des Werkstücknullpunkts	310
2.1.1	Absolute und inkrementale Maßangabe	268	4.4.3	Messen der Werkzeuge	311
2.1.2	Polarkoordinaten	269	4.4.4	Einsetzen der Werkzeuge in das Werkzeugmagazin	312
2.1.3	CNC-gerechte Einzelteilbemaßung	269	4.4.5	Simulation des Zerspanungsprozesses	313
2.2	Technologische Informationen	270	4.5	Zerspanen, Prüfen und Optimieren	313
2.3	Zusatzinformationen	271	5	Datenmanagementsysteme	315
3	CNC-Drehen	272	6	CNC Machine – Reference Point Approach Work With Words	318
3.1	Arbeitsplanung	272			320
3.2	Manuelles Programmieren	274			
3.2.1	Nullpunktverschiebung	274			
3.2.2	Werkzeugwechsel	274			
3.2.3	Drehrichtungen der Arbeitsspindel	275			
3.2.4	Eilgang und Vorschubbewegung auf einer Geraden	276			
3.2.5	Vorschubbewegungen auf Kreisbögen	277			
3.2.6	Schneidenradienkompensation	279			
3.2.7	Werkzeugbahnkorrektur	280			
3.2.8	Bearbeitungszyklen	280			
3.2.9	Unterprogrammtechnik	283			
3.3	Werkstattorientierte Programmierung	284			
3.4	CAD-CAM	285			
3.5	Programmüberprüfung	286			
3.6	Einrichten der Maschine	286			
3.6.1	Einrichten und Vermessen der Werkzeuge	287			
3.6.2	Einrichten der Spannmittel	288			
3.7	Zerspanen und Prüfen	289			
3.8	Optimierung	290			
3.9	Komplettbearbeitung an Drehzentren	292			
4	CNC-Fräsen	294			
4.1	Arbeitsplanung	296			
4.2	Manuelle Programmierung	297			
4.2.1	Werkstücknullpunkt und Bearbeitungsebene	297			

9

Lernfeld 9:	
Instandsetzen von technischen Systemen	321
1	Instandsetzungsmaßnahmen 322
2	Instandsetzungsstrategien 323
2.1	Störungsbedingte Instandsetzung 323
2.1.1	Fehlersuchstrategien 323
2.1.2	Instandsetzungsvorschriften 325
2.1.3	Arbeitsschritte bei einer störungsbedingten Instandsetzung 326
2.1.3.1	Störungsdiagnose 326
2.1.3.2	Fehlersuche 326
2.1.3.3	Fehlerbehebung 329
2.1.3.4	Instandsetzungsschritte 329
2.1.3.5	Funktionskontrolle/Instandsetzungsprotokoll/Freigabe 335
2.1.3.6	Fehlerursachenanalyse 335
2.1.4	Dokumentation einer Störung 336
2.1.5	Instandsetzungskosten 338
2.1.6	Instandsetzungs- und Stillstandzeiten 340
2.2	Vorbeugende Instandsetzung 344

2.2.1	Ausfallverhalten technischer Systeme	345
2.2.2	Instandsetzungsvorschriften/ Instandsetzungsstrategien	346
3	Gegenüberstellung unterschiedlicher Instandsetzungsstrategien	348
4	Verschleiß	349
5	Schmierstoffe	352
5.1	Schmierstoffauswahl	352
5.1.1	Kennwerte von Schmierölen und Kühl-Schmierstoffen	354
5.1.2	Kennwerte von Schmierfetten	354
5.1.3	Festschmierstoffe	355
5.1.4	Schmierpasten	355
5.2	Beurteilung von Schmierstoffen	356
5.3	Lagerung, Entsorgung, Gesundheitsschutz	357
6	Schmierv Verfahren	358
7	Operating Manual – Change Driving Belt Work With Words	361 364

1.3.1	Riemengetriebe	381
1.3.1.1	Riemenarten	381
1.3.1.2	Riemenführungen	382
1.3.1.3	Montage von Riemengetrieben	382
1.3.2	Kettentriebe	386
2	Wellenkupplungen	392
2.1	Nicht schaltbare Kupplungen	392
2.1.1	Starre Kupplungen	392
2.1.2	Ausgleichende Kupplungen	393
2.1.2.1	Drehelastische Kupplungen	393
2.1.2.2	Drehstarre Kupplungen	395
2.2	Schaltbare Kupplungen	395
2.2.1	Formschlüssige Schaltkupplungen	395
2.2.2	Kraftschlüssige Schaltkupplungen	396
2.2.3	Sicherheitskupplungen	397
2.2.4	Fliehkraftkupplung	398
2.2.5	Freilaufkupplung	399
3	Elektrische Antriebe	402
3.1	Elektromagnetismus	402
3.1.1	Magnetfelder Strom durchflossener Leiter	402
3.1.2	Magnetfelder Strom durchflossener Spulen	403
3.1.3	Induktion	403
3.1.4	Elektromotorisches Prinzip	403
3.2	Wechselspannungen	404
3.2.1	Einphasen-Wechselspannung	404
3.2.2	Dreiphasen-Wechselspannung	405
3.3	Gleichspannungen	405
3.4	Elektromotoren	406
3.4.1	Gleichstrommotoren	406
3.4.2	Wechselstrommotoren	406
3.4.3	Schrittmotoren	407
3.4.4	Linearmotoren	407
3.5	Kenngößen von elektrischen Maschinen	408
3.6	Betrieb von Elektromotoren	410
3.6.1	Motoranlauf	410
3.6.2	Frequenzumrichter	410
3.6.3	Motorschutz	411
3.6.4	Wartung	411
4	Ausrichten eines Antriebsstrangs	411
4.1	Einflussgrößen bei der Wellenausrichtung	412
4.2	Ausrichtgrößen	412
4.3	Folgen einer Fehlausrichtung von Wellen	412
4.4	Ausrichtmethoden im Vergleich	412

10 Lernfeld 10: Herstellen und Inbetriebnehmen von technischen Systemen

1	Getriebe	366
1.1	Aufgabengebiete von Getrieben	366
1.2	Zahnradgetriebe	367
1.2.1	Bestimmungsgrößen von Zahnradgetrieben	367
1.2.1.1	Übersetzungsverhältnisse	367
1.2.1.2	Drehmomentwandlung	368
1.2.1.3	Zahnradmaße	369
1.2.1.4	Schrägverzahnung	369
1.2.2	Zahnradgetriebearten	371
1.2.3	Zeichnerische Darstellung von Zahnradern	371
1.2.4	Stirnradgetriebe	373
1.2.5	Hohlradgetriebe/Planetengetriebe	373
1.2.6	Harmonic-Drive-Getriebe (Gleitkeilgetriebe)	374
1.2.7	Zahnstangengetriebe	375
1.2.8	Kegelradgetriebe	375
1.2.9	Schneckengetriebe	375
1.2.10	Sinnbilder für Getriebeelemente	376
1.2.11	Getriebeplan	376
1.3	Zugmittelgetriebe	381

5	Pumpen	414
5.1	Pumpenbauarten	414
5.1.1	Verdrängerpumpen	414
5.1.2	Kreiselpumpen	414
5.1.2.1	Nassläuferpumpen	415
5.1.2.2	Trockenläuferpumpen	415
5.2	Pumpen- und Rohrnetzkenlinien	416
5.2.1	Pumpenkennlinie	416
5.2.2	Rohrnetzkenlinie	417
5.2.3	Betriebspunkt	417
6	Hebezeuge	419
6.1	Anschlagen von Lasten	421
6.2	Sicherheitseinrichtungen	423
7	Schweißen	424
7.1	Metall-Schutzgasschweißen	424
7.1.1	MAG-Schweißverfahren	424
7.1.2	MIG-Schweißverfahren	424
7.1.3	MIG/MAG-Schweißanlagen	424
7.2	Wolfram-Schutzgasschweißen	425
7.2.1	Wolfram-Inertgasschweißen	425
7.2.2	Plasmaschweißen	425
7.3	Widerstandspressschweißen	426
7.3.1	Widerstands-Punktschweißen	427
7.3.2	Rollennahtschweißen	427
7.4	Bolzenschweißen	427
7.4.1	Lichtbogenbolzenschweißen	427
7.4.1.1	Lichtbogenbolzenschweißen mit Hubzündung	427
7.4.1.2	Lichtbogenbolzenschweißen mit Spitzenzündung	428
7.4.2	Reibbolzenschweißen	428
7.5	Unfallverhütung	428
7.6	Schweißfehler	429
8	Kleben	430
9	Bedienungsanleitung	432
10	Page in a Coupling Catalogue	435
	Work With Words	436

11	Lernfeld 11: Überwachen der Produkt- und Prozessqualität	437
1	Qualität	438
1.1	Qualitätsmanagementsysteme	438
1.2	Was ist Qualität?	440
2	Prüfmerkmale erfassen, darstellen und auswerten	442
2.1	Prüfmerkmale	442
2.2	Prüfmerkmale festlegen	444
2.3	Messmittel bestimmen	444
3	Messergebnisse darstellen und auswerten	445
3.1	Histogramm	445
3.1.1	Histogramm konstruieren und auswerten	445
3.2	Gaußkurve	447
3.2.1	Vom Histogramm zur Gaußkurve	447
3.3	Vergleich zwischen Histogramm und Gaußkurve	449
4	Grundlagen der Maschinen- und Prozessfähigkeit	449
5	Maschinenfähigkeit	449
5.1	Bedingungen bei der Maschinenfähigkeitsuntersuchung	449
5.2	Rechnerische Grundlagen für die Ermittlung der Kennwerte	450
5.3	Berechnen der Maschinenfähigkeit	450
6	Prozessfähigkeit	453
6.1	Stufen der Prozessfähigkeit	454
6.2	Ziele der Prüfung	454
6.3	Urwertkarte	455
6.4	Qualitätsregelkarte	456
6.5	Fehlersammelkarte	458
7	Statistische Qualitätsregelung	459
8	Prozessüberwachung	459
8.1	Box Plot	459
8.2	Veränderung der Eingriffsgrenzen	460
8.3	100%-Kontrolle	460
9	Quality Management	464
9.1	Introduction	464
9.2	Information given in a quality management centre	464
	Work With Words	466

12	Lernfeld 12: Instandhalten von technischen Systemen	467
1	Instandhaltungsstrategien	468
2	Kaufvertrag	469
3	Verbraucherrechte	469
3.1	Mängelgewährleistung	469
3.2	Garantie	470
3.3	Produkthaftung	471
4	Schadensanalyse	472
4.1	Ziele der Schadensanalyse	472
4.2	Pareto-Analyse	473
5	Werkstoffprüfverfahren	474
5.1	Werkstattprüfverfahren	475
5.2	Technologische Prüfverfahren	475
5.2.1	Mechanische Prüfverfahren	475
5.2.1.1	Festigkeitsprüfungen	475
5.2.1.2	Kerbschlagbiegeversuch	480
5.2.1.3	Härteprüfungen	481
5.2.2	Fertigungstechnische Prüfverfahren	483
5.3	Metallografische Prüfverfahren	484
5.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	486
5.5	Ermitteln von Schadensursachen durch Werkstoffprüfungen	487
6	Wärmebehandlungsverfahren	488
6.1	Wärmebehandlungsplan	489
6.2	Fehler bei der Wärmebehandlung	490
7	Instandhaltungskosten	490
8	Arbeits- und Unfallschutz	491
9	Handbook – Charpy Impact Test	494
	Work With Words	496

13	Lernfeld 13: Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme	497
1	Automatisierte Systeme	498
1.1	Kennzeichen automatisierter Systeme	498
1.2	Speicherprogrammierbare Steuerungen	500
1.2.1	Aufbau und Funktionsweise einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS)	500
1.2.2	Vorteile der SPS	501

1.2.3	Programmierung der SPS-Grundverknüpfungen	502
1.2.3.1	Anweisungsliste – AWL	502
1.2.3.2	Kontaktplan – KOP	503
1.2.3.3	Funktionsbausteinsprache – FBS	503
1.2.4	Vorgehensweise beim Erstellen des Programms für den Rollenförderer	505
1.2.4.1	Aufgabenanalyse	505
1.2.4.2	Programmierung	509
1.2.5	Inbetriebnahme einer SPS-gesteuerten Anlage – Prozessoptimierung	516
1.2.6	SPS und Sicherheit	516
1.3	Automatisierungssysteme	518
1.3.1	Sensor-/Aktorbus	518
1.3.2	Feldbus	518
1.3.3	Leitnetze	519
1.3.4	Prozessvisualisierung	519
1.3.5	Schnittstellen	519
1.3.5.1	Schnittstellen SPS – Anlage	520
1.3.5.2	MPI Schnittstelle	520
1.3.5.3	Serielle Schnittstelle	521
1.3.5.4	USB-Schnittstelle	521
2	Handhabungstechnik	523
2.1	Einteilung der Handhabungsgeräte	523
2.2	Industrieroboter	524
2.2.1	Grundachsen-Typen von Industrierobotern	525
2.2.2	Kenngrößen von Industrierobotern	525
2.2.3	Aufbau von Industrierobotern	527
2.2.4	Programmierung von Industrierobotern	531
2.2.5	Programmbeispiel	533
2.2.5.1	Koordinatensysteme	533
2.2.5.2	Programmaufbau und Programmierung	534
2.2.6	Industrieroboter und Sicherheit	537
2.2.6.1	Sicherheit während des Betriebs	537
2.2.6.2	Sicherheit während der Programmierung	538
3	Regelungstechnik	539
3.1	Grundprinzipien einer Regelung	539
3.1.1	Geschlossener Regelkreis	539
3.1.2	Stetige Regelung	540
3.1.3	Unstetige Regelung	540
3.1.4	Digitale Regelung	542
3.2	Gütekriterien für eine Regelung	543

4	Steuern und Regeln in der Elektrohydraulik	543
4.1	Steuern mit Proportional-Wegeventilen	543
4.2	Regeln mit Servo- und Regelventilen	545
5	Industrial Robot for Arc Welding Work With Words	548
		550

14	Lernfeld 14: Planen und Realisieren technischer Systeme	551
1	Projektdefinition	552
1.1	Lastenheft	552
1.2	Projektstart beim Auftragnehmer	552
1.3	Kundengespräch	555
1.4	Pflichtenheft	556
2	Projektorganisation und -planung	559
2.1	Personal- und Konfliktmanagement	559
2.1.1	Projektteam	559
2.1.2	Teamuhr	559
2.1.3	Konflikte und deren Bewältigung	560
2.2	Sachmittelmanagement	563
2.2.1	Projektstrukturplan	563
2.2.1.1	Arbeitspakete	564
2.2.1.2	Meilensteine	566
2.2.2	Projektablaufplan	566
2.2.3	Ressourcen- und Kostenplanung	568
3	Projektdurchführung	568
3.1	Übernahme und Erledigung der Arbeitspakete	568
3.2	Projektüberwachung und -steuerung	573
3.3	Qualitätsmanagement	574
4	Projektabschluss	577
4.1	Endabnahme	577
4.1.1	Abnahme durch den Hersteller	577
4.1.2	Abnahme durch den Kunden	577
4.1.3	Installation beim Kunden	578
4.1.4	Dokumentationen	579
4.2	Projektbewertung	580
4.2.1	Ergebnisbewertung	580
4.2.2	Prozessbewertung	582
5	A Documentation Report Work With Words	583
		586

15	Lernfeld 15: Optimieren von technischen Systemen	587
1	Optimierung eines störungsfrei arbeitenden Systems	588
1.1	Beschreibung des Systems	588
1.2	Ergonomische Gestaltung	590
1.3	Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	590
1.4	Bestimmungen zum Schutz der Umwelt	590
1.5	Beurteilung der Wirtschaftlichkeit	591
2	Planung einer Optimierung (Projekt)	591
2.1	Ausgangssituation	591
2.2	Gesundheitliche Beobachtung	592
2.3	Ideenmanagement	593
2.3.1	Ideenmanager	593
2.3.2	Verbesserungsvorschlag	594
2.4	Wirtschaftliche Begründung	594
2.5	Veränderungen	595
2.6	Bearbeitung im Ideenmanagement	595
2.7	Amortisationsberechnung	595
2.8	Entscheidung	597
2.9	Dokumentation der Planungsphase	598
3	Durchführung einer Optimierung (Projekt)	599
3.1	Durchführung eines Probelaufs	599
3.1.1	Umgestaltung des Arbeitsplatzes	599
3.1.2	Untersuchung zur Ergonomie und Gesundheit	600
3.2	Vorarbeiten der Arbeitsvorbereitung	601
3.3	Übertragung auf das System	601
4	Safety Regulations and Controls Work With Words	602
		606
	Englisch-deutsche Vokabelliste	607
	Sachwortverzeichnis	628
	Abkürzungen	640
	Formelzeichen	642