

5

Lernfeld 5:

Fertigen von Einzelteilen mit Maschinen

1 Einflussgrößen beim maschinellen Zerspanen mit geometrisch bestimmter Schneide

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

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

7.3.2	Materialkosten	74
7.3.3	Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten	75
7.3.4	Zuschlagskalkulation	75
7.3.5	Maschinenstundensatz	76
	8 Operating Instructions for Double Bench Grinders	78
	Work With Words	80
9 Prüftechnik		81
9.1	Messsysteme	81
9.2	Prüfen von Bauteilen	81
9.2.1	Zeitpunkt des Prüfens und Prüfumfang	81
9.2.2	Prüfen am Fertigteil	82
9.3	Prüfen von Längen	83
9.3.1	Mechanische Längenmessung	83
9.3.2	Elektronische Längenmessung	84
9.4	Prüfen von Gewinden	85
9.5	Prüfen von Kegeln	87
9.6	Prüfen von Oberflächen	88
9.6.1	Oberflächen	88
9.6.2	Oberflächenqualität	88
9.6.3	Gestaltabweichungen	89
9.6.3.1	Kenngrößen für Gestaltabweichungen	90
9.6.4	Herstellen von Oberflächen	91
9.6.5	Prüfen von Oberflächen	93
9.6.5.1	Subjektives Prüfen	93
9.6.5.2	Objektives Prüfen	93
9.6.6	Zusammenhang zwischen Maßtoleranz und Oberflächenbeschaffenheit	96
9.7	Prüfen von Form- und Lagetoleranzen	97
9.7.1	Formtoleranzen	97
9.7.2	Lagetoleranzen	98
9.7.3	Messen von Form- und Lagetoleranzen	101
	9.8 Accessories for Micrometers	106
	Work With Words	108
10 Werkstofftechnik		109
10.1	Eisenwerkstoffe	109
10.1.1	Stahlsorten	109
10.1.2	Gusseisenwerkstoffe	112
10.2	Eigenschaftsändern von Stählen	113
10.2.1	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	114
10.2.2	Glühen	116
10.2.3	Härten	118

10.2.4	Anlassen	119
10.2.5	Vergüten	119
10.2.6	Härten der Randzone/Oberflächenhärten	119
	10.3 Working Materials	122
10.3.1	Cast Iron	122
10.3.2	Steels	122
10.4	Heat Treatment Processes	122
10.4.1	Hardening	122
10.4.2	Annealing	122
10.4.3	Quenching and Tempering	122
10.4.4	Tempering	122
10.5	Work With Words	123

6	Lernfeld 6: Installieren und Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme	124
1 Pneumatik		125
1.1	Führungs-/Haltegliedsteuerungen	125
1.2	Zeitgeführte Ablaufsteuerungen	125
1.3	Prozessabhängige Ablaufsteuerungen	126
1.3.1	Lageplan	127
1.3.2	Weg-Schritt-Diagramm	127
1.3.3	Zustandsdiagramm	129
1.3.4	Verriegelung von Signalen	130
1.3.5	Betriebsarten	131
1.3.6	Stopp-Funktionen	132
1.3.7	Signalüberschneidung/Signalabschaltung	134
1.3.8	Signalabschaltung durch Rolltaster mit Leerrückhub	137
1.3.9	Signalabschaltung durch Verzögerungsventile	138
1.3.10	Signalabschaltung durch ein Umschaltventil	139
1.4	Druckluftleitungen/Nomogramme	141
1.4.1	Druckluftverteilung	141
1.4.2	Auswahl der Leitungen	141
1.4.3	Verlegung des Rohrnetzes	143
1.4.4	Leitungsmaterial	143
1.5	Installation und Inbetriebnahme	144
1.6	Luftverbrauch	144
2 Elektropneumatik		149
2.1	Bauteile zur Signaleingabe – Sensoren	149
2.1.1	Berührungslose Sensoren im Überblick	150
2.1.2	Einbau, Anschluss und Inbetriebnahme der Sensoren	152

2.2	Wegeventile	152	3.6.3	Sperrventile	181
2.2.1	Funktionsweise pneumatischer Magnetventile	152	3.6.3.1	Rückschlagventil	181
2.2.2	Vorgesteuerte pneumatische Magnetventile	152	3.6.3.2	Entsperrbare Rückschlagventile	182
2.3	Relaissteuerungen	153	3.6.4	Druckventile	182
2.3.1	Speichern von Signalen – Selbsthaltung	153	3.6.4.1	Druckminderventile	182
2.4	Planung, Installation und Inbetriebnahme einer prozessabhängigen Ablaufsteuerung	154	3.6.4.2	Zuschaltventile	182
2.4.1	Aufgabenbeschreibung mit Randbedingungen und Lageplan	154	3.7	Planung einer hydraulischen Steuerung	184
2.4.2	Darstellung eines Funktionsablaufs mit Grafcet	154	3.8	Leitungen und Verbindungen	185
2.4.3	Geräteliste	156	3.8.1	Rohrleitungen	186
2.4.4	Klemmenanschlussplan	158	3.8.2	Schlauchleitungen und Schläuche	189
3	Hydraulik	163	 4	Field-Assembly of Hoses with Fittings Work With Words	197 199
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			
			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	Spielpassung	209
			2.6.1.2	Übermaßpassung	209
			2.6.1.3	Übergangspassung	209

2.6.2	Passungssysteme	209	6.1.2	Profilwellenverbindungen	232
2.6.2.1	Einheitsbohrung	209	6.1.2.1	Keilwellenverbindung	232
2.6.2.2	Einheitswelle	210	6.1.2.2	Zahnwellenverbindung	233
2.6.3	Auswahlreihen	210	6.1.2.3	Polygonwellenverbindung	233
2.7	Montage von Gleitlagern	211	6.2	Kraftschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen	233
2.8	Warten von Gleitlagern	212	6.2.1	Keilverbindungen	233
3	Wälzlager	213	6.2.2	Pressverbindungen	234
3.1	Aufbau von Wälzlagern	213	6.2.3	Verbindungen durch Spannelemente	235
3.2	Darstellung von Wälzlagern	214	6.2.4	Spannsätze	236
3.3	Anordnung von Wälzlagern	215	6.2.4.1	Montage von Spannsätzen	236
3.3.1	Fest-/Loslagerung	215	6.2.4.2	Demontage von Spannsätzen	236
3.3.2	Angestellte Lagerung	215	6.2.5	Ausgewählte Spannelemente	237
3.3.3	Schwimmende Lagerung	216	7	Planen einer Montage (Bohrspindel)	237
3.3.4	Umlaufverhältnisse	217	7.1	Funktionsanalyse	239
3.4	Beurteilung von Wälzlagern	217	7.2	Montageplan	240
3.5	Schmierung von Wälzlagern	217	7.3	Funktionskontrolle	244
3.5.1	Fettschmierung	217	7.4	Prüfprotokoll (Bewertung)	244
3.5.2	Ölschmierung	218		8	Fitting and Dismantling of Rolling Bearings
3.6	Montage von Wälzlagern	218		Work With Words	250
3.6.1	Mechanische Montage von Wälzlagern	218	8	Lernfeld 8: Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	251
3.6.1.1	Wälzlager mit zylindrischer Bohrung	218	1	Aufbau von CNC-Maschinen	252
3.6.1.2	Wälzlager mit kegeliger Bohrung	219	1.1	Koordinatensysteme	252
3.6.2	Thermische Montage	219	1.1.1	Koordinatensysteme an Werkzeugmaschinen	253
3.6.2.1	Wärmedehnung	220	1.1.2	Bewegungsdefinitionen	253
3.6.3	Hydraulische Montage	220	1.2	Bezugspunkte im Arbeitsraum der CNC-Maschine	254
3.7	Demontage von Wälzlagern	221	1.2.1	Maschinennullpunkt	254
3.8	Entsorgung von Wälzlagern	222	1.2.2	Referenzpunkt	254
4	Führungen	223	1.2.3	Werkstücknullpunkt	254
4.1	Gleitführungen	223	1.2.4	Werkzeugeinstellpunkt	254
4.2	Wälzführungen	224	1.3	Konturpunkte an Werkstücken	255
5	Wellendichtungen	226	1.3.1	Drehteile	255
5.1	Dichtungsarten	226	1.3.2	Frästeile	255
5.2	Radial-Wellendichtringe	227	1.4	Steuerungsarten	256
5.2.1	Montage von Radial-Wellendichtringen	227	1.4.1	Punktsteuerungen	256
5.2.2	Austausch von Radial-Wellendichtringen	228	1.4.2	Streckensteuerungen	256
5.3	Gleitringdichtungen	229	1.4.3	Bahnsteuerungen	256
5.4	V-Ringdichtungen	229	1.5	Baueinheiten	257
5.5	O-Ringe	230	1.5.1	Hauptantrieb	257
6	Welle-Nabe-Verbindungen	230			
6.1	Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen	230			
6.1.1	Passfederverbindungen	230			
6.1.1.1	Berechnungen	231			

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 Wiederholungsfunktionen	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	Computerintegrierte Fertigung	315
3	CNC-Drehen	272	6	CNC Machine – Reference Point Approach Work With Words	320
3.1	Arbeitsplanung	272			
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	9	Lernfeld 9: Instandsetzen von technischen Systemen	321
3.2.5	Vorschubbewegungen auf Kreisbögen	277	1	Instandsetzungsmaßnahmen	322
3.2.6	Schneidenradienkompensation	279	2	Instandsetzungsstrategien	323
3.2.7	Werkzeugbahnkorrektur	280	2.1	Störungsbedingte Instandsetzung	323
3.2.8	Bearbeitungszyklen	280	2.1.1	Fehlersuchstrategien	323
3.2.9	Unterprogrammtechnik	283	2.1.2	Instandsetzungsvorschriften	325
3.3	Werkstatorientierte Programmierung	284	2.1.3	Arbeitsschritte bei einer störungsbedingten Instandsetzung	326
3.4	CAD-CAM	285	2.1.3.1	Störungsdiagnose	326
3.5	Programmüberprüfung	286	2.1.3.2	Fehlersuche	326
3.6	Einrichten der Maschine	286	2.1.3.3	Fehlerbehebung	329
3.6.1	Einrichten und Vermessen der Werkzeuge	287	2.1.3.4	Instandsetzungsschritte	329
3.6.2	Einrichten der Spannmittel	288	2.1.3.5	Funktionskontrolle/Instandsetzungsprotokoll/Freigabe	335
3.7	Zerspanen und Prüfen	289	2.1.3.6	Fehlerursachenanalyse	335
3.8	Optimierung	290	2.1.4	Dokumentation einer Störung	336
3.9	Komplettbearbeitung an Drehzentren	292	2.1.5	Instandsetzungskosten	338
4	CNC-Fräsen	294	2.1.6	Instandsetzungs- und Stillstandzeiten	340
4.1	Arbeitsplanung	296	2.2	Vorbeugende Instandsetzung	344
4.2	Manuelle Programmierung	297			
4.2.1	Werkstücknullpunkt und Bearbeitungsebene	297			

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	Schmierverfahren	358
 7	Operating Manual – Change Driving Belt Work With Words	361 364

10

**Lernfeld 10: Herstellen und Inbetriebnehmen
von technischen Systemen** 365

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 Zahnrädern	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

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	Kenngrößen 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

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	Pumpenkenlinie	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	Rollenahtschweißen	427
7.4	Bolzenschweißen	427
7.4.1	Lichtbogenbolzenschweißen	427
7.4.1.1	Lichtbogenbolzenschweißen mit Hubzündung	427
7.4.1.2	Lichtbogenbolzenschweißen mit Spitzzündung	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 Work With Words	435 436

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	560
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 Work With Words** 494
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	548
		Work With Words	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	583
		Work With Words	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	602
		Work With Words	606
		Englisch-deutsche Vokabelliste	607
		Sachwortverzeichnis	628
		Abkürzungen	642