

Inhalt

5	Lernfeld 5: Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen	1			
1	Einflussgrößen beim maschinellen Zerspanen mit geometrisch bestimmter Schneide	2	2.5.4	Spannen zwischen den Spitzen	32
1.1	Technologische Daten und deren Auswirkungen	2	2.5.5	Spanndorn und Spannzange	32
1.1.1	Bewegungen und Geschwindigkeiten	2	2.5.6	Setzstock (Lünette)	33
1.1.2	Winkel an der Werkzeugschneide	3	2.6	Spezielle Drehverfahren	33
1.1.3	Spanarten und Spanformen	3	2.6.1	Kegeldrehen	33
1.1.4	Schrupp- und Schlichtbearbeitung	5	2.6.2	Gewindedrehen	34
1.1.5	Schnidenradius	6	3	Fräsen	40
1.1.6	Verschleiß, Standzeit, Aufbauschneide	6	3.1	Fräswerfahren	40
1.2	Schneidstoffe und Wendeschneidplatten	7	3.2	Arbeitsauftrag	41
1.2.1	Schnellarbeitsstahl (HSS)	8	3.2.1	Analyse der Einzelteilzeichnung	41
1.2.2	Hartmetalle	8	3.2.2	Arbeitsplanung	42
1.2.3	Beschichtete Schneidstoffe	9	3.3	Fräsmaschinen	43
1.2.4	Schneidkeramik	9	3.4	Fräswerfahren im Vergleich	43
1.2.5	Wendeschneidplatten	10	3.4.1	Stirn-Planfräsen und Umfangs-Planfräsen	43
1.3	Kühlschmierstoffe	11	3.4.2	Gleichlauf- und Gegenlauffräsen	44
1.3.1	Aufgaben der Kühlschmierstoffe	11	3.5	Werkzeugauswahl und Werkzeugeinsatz	46
1.3.2	Kühlschmierstoffarten	12	3.5.1	Planfräsen	46
1.3.3	Umgang mit Kühlschmierstoffen	12	3.5.1.1	Fräserauswahl	46
1.3.4	Alternativen zur konventionellen Kühlschmierung	13	3.5.1.2	Festlegen der Prozessparameter	48
2	Drehen	14	3.5.2	Stirn-Umfangsfräsen	50
2.1	Drehverfahren	14	3.5.3	Nutenfräsen	51
2.2	Arbeitsauftrag	15	3.5.4	Teilen	52
2.2.1	Analyse der Einzelteilzeichnung	16	3.5.4.1	Direktes Teilen	52
2.2.2	Arbeitsplanung	22	3.5.4.2	Indirektes Teilen	52
2.3	Drehmaschinen	23	3.5.5	Hochgeschwindigkeitsfräsen	54
2.3.1	Stütz- und Trageeinheit (Maschinenbett)	23	3.6	Spannen von Werkzeug und Werkstück	54
2.3.2	Spindelstock mit Hauptgetriebe und Arbeitsspindel	23	3.6.1	Spannen der Werkzeuge	54
2.3.3	Vorschubgetriebe mit Leit- und Zugspindel	23	3.6.2	Spannen der Werkstücke	55
2.3.4	Werkzeugschlitten	25	4	Räumen	58
2.3.5	Reitstock	25	5	Schleifen	60
2.4	Drehwerkzeuge und deren Auswahl	25	5.1	Schleifkörper	60
2.4.1	Ecken-, Einstell- und Neigungswinkel	25	5.2	Abrichten	63
2.4.2	Werkzeugauswahl und technologische Daten	27	5.3	Auswuchten	64
2.5	Spannmittel	28	5.4	Sicherheit und Unfallverhütung	64
2.5.1	Kräfte an Werkzeug und Werkstück	28	5.5	Schleifverfahren und Schleifmaschinen	65
2.5.2	Leistungsbedarf	29	6	Feinbearbeitung	68
2.5.3	Backenfutter	30	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	10.2.4	Anlassen	119
7.3.3	Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten	75	10.2.5	Vergüten	119
7.3.4	Zuschlagskalkulation	75	10.2.6	Härten der Randzone/Oberflächenhärten	119
7.3.5	Maschinenstundensatz	76	10.3	Working Materials	122
8	Operating Instructions for Double Bench Grinders	78	10.3.1	Cast Iron	122
	Work With Words	80	10.3.2	Steels	122
9	Prüftechnik	81	10.4	Heat Treatment Processes	122
9.1	Messsysteme	81	10.4.1	Hardening	122
9.2	Prüfen von Bauteilen	81	10.4.2	Annealing	122
9.2.1	Zeitpunkt des Prüfens und Prüfumfang	81	10.4.3	Quenching and Tempering	122
9.2.2	Prüfen am Fertigteil	82	10.4.4	Tempering	122
9.3	Prüfen von Längen	83	10.5	Work With Words	123
9.3.1	Mechanische Längenmessung	83			
9.3.2	Elektronische Längenmessung	84	6	Lernfeld 6: Installieren und Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme	124
9.4	Prüfen von Gewinden	85	1	Pneumatik	125
9.5	Prüfen von Kegeln	87	1.1	Führungs-/Haltegliedsteuerungen	125
9.6	Prüfen von Oberflächen	88	1.2	Zeitgeführte Ablaufsteuerungen	125
9.6.1	Oberflächen	88	1.3	Prozessabhängige Ablaufsteuerungen	126
9.6.2	Oberflächenqualität	88	1.3.1	Lageplan	127
9.6.3	Gestaltabweichungen	89	1.3.2	Weg-Schritt-Diagramm	127
9.6.3.1	Kenngrößen für Gestaltabweichungen	90	1.3.3	Zustandsdiagramm	129
9.6.4	Herstellen von Oberflächen	91	1.3.4	Verriegelung von Signalen	130
9.6.5	Prüfen von Oberflächen	93	1.3.5	Betriebsarten	131
9.6.5.1	Subjektives Prüfen	93	1.3.6	Stopp-Funktionen	132
9.6.5.2	Objektives Prüfen	93	1.3.7	Signalüberschneidung/Signalabschaltung	134
9.6.6	Zusammenhang zwischen Maßtoleranz und Oberflächenbeschaffenheit	96	1.3.8	Signalabschaltung durch Rolltaster mit Leerrückhub	137
9.7	Prüfen von Form- und Lagetoleranzen	97	1.3.9	Signalabschaltung durch Verzögerungsventile	138
9.7.1	Formtoleranzen	97	1.3.10	Signalabschaltung durch ein Umschaltventil	139
9.7.2	Lagetoleranzen	98	1.4	Druckluftleitungen/Nomogramme	141
9.7.3	Messen von Form- und Lagetoleranzen	101	1.4.1	Druckluftverteilung	141
9.8	Accessories for Micrometers	106	1.4.2	Auswahl der Leitungen	141
	Work With Words	108	1.4.3	Verlegung des Rohrnetzes	143
10	Werkstofftechnik	109	1.4.4	Leitungsmaterial	143
10.1	Eisenwerkstoffe	109	1.5	Installation und Inbetriebnahme	144
10.1.1	Stahlsorten	109	1.6	Luftverbrauch	144
10.1.2	Gusseisenwerkstoffe	112	2	Elektropneumatik	149
10.2	Eigenschaftsändern von Stählen	113	2.1	Bauteile zur Signaleingabe – Sensoren	149
10.2.1	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	114	2.1.1	Berührungslose Sensoren im Überblick	150
10.2.2	Glühen	116	2.1.2	Einbau, Anschluss und Inbetriebnahme der Sensoren	152
10.2.3	Härten	118			

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	155	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	197
3.1	Einsatzgebiete der Hydraulik	163		Work With Words	199
3.2	Vergleich Pneumatik – Hydraulik	163			
3.3	Aufbau einer Hydraulikanlage – Energie- und Informationsfluss	164	7	Lernfeld 7: Montieren von technischen Teilsystemen	200
3.4	Energieversorgung	164	1	Allgemeine Beanspruchungen und Belastungen von Bauteilen	201
3.4.1	Druck- und Volumenstrommessung im Hydrauliksystem	166	1.1	Beanspruchung von Bauteilen	201
3.4.2	Hydraulikpumpen	167	1.2	Belastung von Bauteilen	201
3.4.2.1	Zahnradpumpen	167	1.2.1	Statische Belastung	201
3.4.2.2	Flügelzellenpumpen	168	1.2.2	Dynamische Belastung	201
3.4.2.3	Kolbenpumpen	168	1.3	Achsen, Bolzen, Wellen	202
3.4.2.4	Auswahl von Hydraulikpumpen	169	1.3.1	Achsen	202
3.4.2.5	Hydraulikmotoren	170	1.3.2	Bolzen	202
3.5	Antriebseinheit – Hydraulikzylinder	170	1.3.3	Wellen	202
3.5.1	Einfach wirkende Zylinder	170	1.4	Lagerkräfte	203
3.5.2	Doppelt wirkende Zylinder	171	2	Gleitlager	205
3.5.3	Kolbengeschwindigkeit	171	2.1	Einteilung der Lager	205
3.5.4	Arbeit und Leistung	172	2.2	Übersicht	205
3.6	Ventile	173	2.3	Lagerreibung	206
3.6.1	Wegeventile	173	2.3.1	Lager mit Trockenreibung (Trockenlager)	206
3.6.1.1	2/2- und 3/2-Wegeventile	175	2.3.2	Lager mit Mischreibung (Sinterlager)	207
3.6.1.2	4/2-Wegeventile	175	2.3.3	Lager mit Flüssigkeitsreibung	207
3.6.1.3	4/3-Wegeventile	176	2.3.3.1	Hydrodynamische Lager	207
3.6.2	Stromventile	177	2.3.3.2	Hydrostatische Lager	207
3.6.2.1	Blenden und Drosseln	177	2.4	Flächenpressung	208
3.6.2.2	Drosselventile	177	2.5	Lagerspiel	209
3.6.2.3	Stromregelventile	179	2.6	Passungen und Passungssysteme	209
3.6.2.4	Druckübersetzung	180	2.6.1	Passungen	209
3.6.2.5	Kraft- und Wegeübersetzung – Die hydraulische Presse	180	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	Pressverbindingen	234
3.1	Aufbau von Wälzlagern	213	6.2.3	Verbindungen durch Spannlemente	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 Spannlemente	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	247
3.6	Montage von Wälzlagern	218		Work With Words	250
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	8	Lernfeld 8: Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	251
3.6.3	Hydraulische Montage	220	1	Aufbau von CNC-Maschinen	252
3.7	Demontage von Wälzlagern	221	1.1	Koordinatensysteme	252
3.8	Entsorgung von Wälzlagern	222	1.1.1	Koordinatensysteme an Werkzeugmaschinen	253
4	Führungen	223	1.1.2	Bewegungsdefinitionen	253
4.1	Gleitführungen	223	1.2	Bezugspunkte im Arbeitsraum der CNC-Maschine	254
4.2	Wälzführungen	224	1.2.1	Maschinennullpunkt	254
5	Wellendichtungen	226	1.2.2	Referenzpunkt	254
5.1	Dichtungsarten	226	1.2.3	Werkstücknullpunkt	254
5.2	Radial-Wellendichtringe	227	1.2.4	Werkzeugeinstellpunkt	254
5.2.1	Montage von Radial-Wellendichtringen	227	1.3	Konturpunkte an Werkstücken	255
5.2.2	Austausch von Radial-Wellendichtringen	228	1.3.1	Drehteile	255
5.3	Gleitringdichtungen	229	1.3.2	Frästeile	255
5.4	V-Ringdichtungen	229	1.4	Steuerungsarten	256
5.5	O-Ringe	230	1.4.1	Punktsteuerungen	256
6	Welle-Nabe-Verbindungen	230	1.4.2	Streckensteuerungen	256
6.1	Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen	230	1.4.3	Bahnsteuerungen	256
6.1.1	Passfederverbindungen	230	1.5	Baueinheiten	257
6.1.1.1	Berechnungen	231	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	Fräsyklen	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	318
3.1	Arbeitsplanung	272		Work With Words	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	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	Werkzeugbahnnkorrektur	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	Werkstattorientierte 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	1.3.1	Riemengetriebe	381
2.2.2	Instandsetzungsvorschriften/ Instandsetzungsstrategien	346	1.3.1.1	Riemenarten	381
3	Gegenüberstellung unterschiedlicher Instandsetzungsstrategien	348	1.3.1.2	Riemenführungen	382
4	Verschleiß	349	1.3.1.3	Montage von Riemengetrieben	382
5	Schmierstoffe	352	1.3.2	Kettentriebe	386
5.1	Schmierstoffauswahl	352	2	Wellenkupplungen	392
5.1.1	Kennwerte von Schmierölen und Kühl-Schmierstoffen	354	2.1	Nicht schaltbare Kupplungen	392
5.1.2	Kennwerte von Schmierfetten	354	2.1.1	Starre Kupplungen	392
5.1.3	Festschmierstoffe	355	2.1.2	Ausgleichende Kupplungen	393
5.1.4	Schmierpasten	355	2.1.2.1	Drehelastische Kupplungen	393
5.2	Beurteilung von Schmierstoffen	356	2.1.2.2	Drehstarre Kupplungen	395
5.3	Lagerung, Entsorgung, Gesundheitsschutz	357	2.2	Schaltbare Kupplungen	395
6	Schmierverfahren	358	2.2.1	Formschlüssige Schaltkupplungen	395
7	Operating Manual – Change Driving Belt	361	2.2.2	Kraftschlüssige Schaltkupplungen	396
	Work With Words	364	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

10

Lernfeld 10: Herstellen und Inbetriebnehmen von technischen Systemen

1	Getriebe	366			
1.1	Aufgabengebiete von Getrieben	366	3.2	Wechselspannungen	404
1.2	Zahnradgetriebe	367	3.2.1	Einphasen-Wechselspannung	404
1.2.1	Bestimmungsgrößen von Zahnradgetrieben	367	3.2.2	Dreiphasen-Wechselspannung	405
1.2.1.1	Übersetzungsverhältnisse	367	3.3	Gleichspannungen	405
1.2.1.2	Drehmomentwandlung	368	3.4	Elektromotoren	406
1.2.1.3	Zahnradmaße	369	3.4.1	Gleichstrommotoren	406
1.2.1.4	Schrägverzahnung	369	3.4.2	Wechselstrommotoren	406
1.2.2	Zahnradgetriebearten	371	3.4.3	Schrittmotoren	407
1.2.3	Zeichnerische Darstellung von Zahnrädern	371	3.4.4	Linearmotoren	407
1.2.4	Stirnradgetriebe	373	3.5	Kenngrößen von elektrischen Maschinen	408
1.2.5	Hohlradgetriebe/Planetengetriebe	373	3.6	Betrieb von Elektromotoren	410
1.2.6	Harmonic-Drive-Getriebe (Gleitkeilgetriebe)	374	3.6.1	Motoranlauf	410
1.2.7	Zahnstangengetriebe	375	3.6.2	Frequenzumrichter	410
1.2.8	Kegelradgetriebe	375	3.6.3	Motorschutz	411
1.2.9	Schneckengetriebe	375	3.6.4	Wartung	411
1.2.10	Sinnbilder für Getriebeelemente	376	4	Ausrichten eines Antriebsstrangs	411
1.2.11	Getriebeplan	376	4.1	Einflussgrößen bei der Wellenausrichtung	412
1.3	Zugmittelgetriebe	381	4.2	Ausrichtgrößen	412
			4.3	Folgen einer Fehlausrichtung von Wellen	412
			4.4	Ausrichtmethoden im Vergleich	412

11

5 Pumpen	414	Lernfeld 11: Überwachen der Produkt- und Prozessqualität	437
5.1 Pumpenbauarten	414	1 Qualität	438
5.1.1 Verdrängerpumpen	414	1.1 Qualitätsmanagementsysteme	438
5.1.2 Kreiselpumpen	414	1.2 Was ist Qualität?	440
5.1.2.1 Nassläuferpumpen	415		
5.1.2.2 Trockenläuferpumpen	415	2 Prüfmerkmale erfassen, darstellen und auswerten	442
5.2 Pumpen- und Rohrnetzkennlinien	416	2.1 Prüfmerkmale	442
5.2.1 Pumpenkennlinie	416	2.2 Prüfmerkmale festlegen	444
5.2.2 Rohrnetzkennlinie	417	2.3 Messmittel bestimmen	444
5.2.3 Betriebspunkt	417		
6 Hebezeuge	419	3 Messergebnisse darstellen und auswerten	445
6.1 Anschlagen von Lasten	421	3.1 Histogramm	445
6.2 Sicherheitseinrichtungen	423	3.1.1 Histogramm konstruieren und auswerten	445
7 Schweißen	424	3.2 Gaußkurve	447
7.1 Metall-Schutzgasschweißen	424	3.2.1 Vom Histogramm zur Gaußkurve	447
7.1.1 MAG-Schweißverfahren	424	3.3 Vergleich zwischen Histogramm und Gaußkurve	449
7.1.2 MIG-Schweißverfahren	424		
7.1.3 MIG/MAG-Schweißanlagen	424	4 Grundlagen der Maschinen- und Prozessfähigkeit	449
7.2 Wolfram-Schutzgasschweißen	425		
7.2.1 Wolfram-Inertgasschweißen	425	5 Maschinenfähigkeit	449
7.2.2 Plasmaschweißen	425	5.1 Bedingungen bei der Maschinenfähigkeitsuntersuchung	449
7.3 Widerstandspressschweißen	426	5.2 Rechnerische Grundlagen für die Ermittlung der Kennwerte	450
7.3.1 Widerstands-Punktschweißen	427	5.3 Berechnen der Maschinenfähigkeit	450
7.3.2 Rollennahtschweißen	427		
7.4 Bolzenschweißen	427	6 Prozessfähigkeit	453
7.4.1 Lichtbogenbolzenschweißen	427	6.1 Stufen der Prozessfähigkeit	454
7.4.1.1 Lichtbogenbolzenschweißen mit Hubzündung	427	6.2 Ziele der Prüfung	454
7.4.1.2 Lichtbogenbolzenschweißen mit Spitzenzündung	428	6.3 Urwertkarte	455
7.4.2 Reibbolzenschweißen	428	6.4 Qualitätsregelkarte	456
7.5 Unfallverhütung	428	6.5 Fehlersammelkarte	458
7.6 Schweißfehler	429		
8 Kleben	430	7 Statistische Qualitätsregelung	459
9 Bedienungsanleitung	432	8 Prozessüberwachung	459
10 Page in a Coupling Catalogue	435	8.1 Box Plot	459
Work With Words	436	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**

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 Umfallschutz	491
9	Handbook – Charpy Impact Test	494
	Work With Words	496

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

13**Lernfeld 13: Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme**

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

4	Steuern und Regeln in der Elektrohydraulik	543	15	Lernfeld 15: Optimieren von technischen Systemen	587
4.1	Steuern mit Proportional-Wegeventilen	543	1	Optimierung eines störungsfrei arbeitenden Systems	588
4.2	Regeln mit Servo- und Regelventilen	545	1.1	Beschreibung des Systems	588
5	Industrial Robot for Arc Welding	548	1.2	Ergonomische Gestaltung	590
	Work With Words	550	1.3	Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	590
			1.4	Bestimmungen zum Schutz der Umwelt	590
			1.5	Beurteilung der Wirtschaftlichkeit	591
14	Lernfeld 14: Planen und Realisieren technischer Systeme	551	2	Planung einer Optimierung (Projekt)	591
1	Projektdefinition	552	2.1	Ausgangssituation	591
1.1	Lastenheft	552	2.2	Gesundheitliche Beobachtung	592
1.2	Projektstart beim Auftragnehmer	552	2.3	Ideenmanagement	593
1.3	Kundengespräch	555	2.3.1	Ideenmanager	593
1.4	Pflichtenheft	556	2.3.2	Verbesserungsvorschlag	594
2	Projektorganisation und -planung	559	2.4	Wirtschaftliche Begründung	594
2.1	Personal- und Konfliktmanagement	559	2.5	Veränderungen	595
2.1.1	Projektteam	559	2.6	Bearbeitung im Ideenmanagement	595
2.1.2	Teamuhr	559	2.7	Amortisationsberechnung	595
2.1.3	Konflikte und deren Bewältigung	560	2.8	Entscheidung	597
2.2	Sachmittelmanagement	563	2.9	Dokumentation der Planungsphase	598
2.2.1	Projektstrukturplan	563	3	Durchführung einer Optimierung (Projekt)	599
2.2.1.1	Arbeitspakete	564	3.1	Durchführung eines Probelaufs	599
2.2.1.2	Meilensteine	566	3.1.1	Umgestaltung des Arbeitsplatzes	599
2.2.2	Projektablaufplan	566	3.1.2	Untersuchung zur Ergonomie und Gesundheit	600
2.2.3	Ressourcen- und Kostenplanung	568	3.2	Vorarbeiten der Arbeitsvorbereitung	601
3	Projektdurchführung	568	3.3	Übertragung auf das System	601
3.1	Übernahme und Erledigung der Arbeitspakete	568	4	Safety Regulations and Controls	602
3.2	Projektüberwachung und -steuerung	573	Work With Words	606	
3.3	Qualitätsmanagement	574			
4	Projektabchluss	577	Englisch-deutsche Vokabelliste	607	
4.1	Endabnahme	577	Sachwortverzeichnis	628	
4.1.1	Abnahme durch den Hersteller	577	Abkürzungen	640	
4.1.2	Abnahme durch den Kunden	577	Formelzeichen	642	
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			